

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-235002

(43)Date of publication of application : 05.09.1995

(51)Int.Cl.

G11B 5/02
G11B 5/012
G11B 5/39
G11B 5/60

(21)Application number : 06-068940

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 15.03.1994

(72)Inventor : TANAKA YOICHIRO
TANIMOTO KAZUISHI
HIKOSAKA KAZUYUKI
OTSUBO YASURO
HOSHINA SHIGERU
OHASHI HIROSHI

(30)Priority

Priority number : 05 54367
05351281Priority date : 15.03.1993
29.12.1993

Priority country : JP

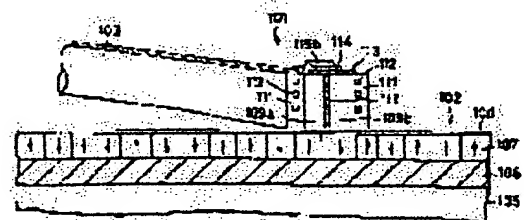
JP

(54) MAGNETIC DISK DEVICE

(57)Abstract:

PURPOSE: To prevent a magnetic domain of an MR element from being disturbed by arranging the MR element on other end of a main magnetic pole locating on the side opposite to a magnetic disk through an insulation layer.

CONSTITUTION: This device is a magnetic disk device provided with a perpendicular magnetic recording system magnetic disk 102 provided with a magnetization recording layer 107 having perpendicular magnetic anisotropy on a soft magnetic lining layer 106 and a magnetic head 101 recording and reproducing information on the disk 102. The magnetic head 101 is provided with a pair of main magnetic poles 109a, 109b respectively formed out of a high permeability material and whose one ends are arranged in the relation locating on the magnetic disk 102 side and a non-magnetic intermediate layer 110 provided between these main magnetic poles. Further, the device is provided with a recording coil 112 letting pass a generated magnetic flux through the magnetic disk 102 through the main magnetic poles 109a, 109b and the MR element 114 arranged on the other ends of a pair of the main magnetic poles 109a, 109b through the insulation layer 111 and in the relation magnetically coupled with a pair of the main magnetic poles 109a, 109b.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 14.03.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-235002

(43) 公開日 平成7年(1995)9月5日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 1 1 B	5/02	B 7426-5D		
	5/012	7426-5D		
	5/39			
	5/60	Z 7811-5D		

審査請求 未請求 請求項の数10 F D (全 26 頁)

(21) 出願番号 特願平6-68940

(22) 出願日 平成6年(1994)3月15日

(31) 優先権主張番号 特願平5-54367

(32) 優先日 平5(1993)3月15日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(31) 優先権主張番号 特願平5-351281

(32) 優先日 平5(1993)12月29日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 田中 陽一郎

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内

(72) 発明者 谷本 一石

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内

(72) 発明者 彦坂 和志

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内

(74) 代理人 弁理士 則近 憲佑

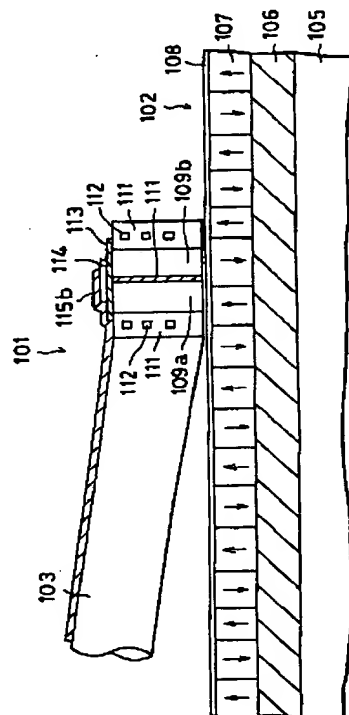
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁気ディスク装置

(57) 【要約】

【目的】 垂直磁気記録方式の磁気ディスクを用いて高密度記録の可能な磁気ディスク装置を提供する。

【構成】 軟磁性裏打ち層106の上に垂直磁気異方性を有する磁化記録層1076を設けてなる垂直磁気記録方式の磁気ディスク102と、この磁気ディスクへの情報記録および情報読出しを行う磁気ヘッド101とを備え、磁気ヘッド101は、それぞれが高透磁率材で形成され、それぞれ的一端が磁気ディスク102側に位置する関係に配置された一対の主磁極109a、109bと、これら主磁極間に設けられた非磁性中間層110と、発生した磁束を前記主磁極を介して磁気ディスク102に通ず記録コイル112と、前記一対の主磁極の他端に絶縁層113を介し、かつ上記一対の主磁極と磁気的に結合する関係に配置された磁気抵抗効果素子114とを備えている。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】軟磁性裏打ち層の上に垂直磁気異方性を有する磁化記録層を設けてなる垂直磁気記録方式の磁気ディスクと、この磁気ディスクへの情報記録および情報読出しを行う磁気ヘッドとを備えてなる磁気ディスク装置において、前記磁気ヘッドは、それぞれ高透磁率材で形成され、それぞれの一端が前記磁気ディスク側に位置する関係に配置された一対の主磁極とこれら主磁極間に設けられた非磁性中間層と、発生した磁束を前記主磁極を介して前記磁気ディスクに通す記録コイルと、前記一対の主磁極の他端に絶縁層を介し、かつ上記一対の主磁極と磁氣的に結合する関係に配置された磁気抵抗効果素子とを具備してなることを特徴とする磁気ディスク装置。

【請求項 2】軟磁性裏打ち層の上に垂直磁気異方性を有する磁化記録層を設けてなる垂直磁気記録方式の磁気ディスクと、この磁気ディスクへの情報記録および情報読出しを行う磁気ヘッドとを備えてなる磁気ディスク装置において、前記磁気ヘッドは記録用の軟磁性体または磁気シールド用軟磁性膜の近傍に配置された再生用の磁気抵抗効果素子を備え、前記磁気抵抗効果素子の膜厚を T_m とし、前記磁気抵抗効果素子と前記記録用の軟磁性体または磁気シールド用軟磁性膜との間隔を g とし、記録最短波長を λ_{min} としたとき、 $T_m < \lambda_{min} < T_m + g$ の関係を満たしており、前記磁気ディスクの前記磁化記録層は平均径が前記磁気抵抗効果素子の膜厚 T_m より小さい磁性結晶粒子で構成されていることを特徴とする磁気ディスク装置。

【請求項 3】前記磁気ディスクは、軟磁性裏打ち層とその上に積層された磁化記録層を有するものであり、軟磁性裏打ち層の飽和磁束密度を B_{sb} 、膜厚を d_b 、磁化記録層を膜厚を d_r 、飽和磁化を I_{sr} としたとき、 $B_{sb} \cdot d_b > I_{sr} \cdot d_r$ を満足することを特徴とする請求項 1 または 2 記載の磁気ディスク装置。

【請求項 4】前記磁気ヘッドは記録用主磁極を有する垂直磁気記録ヘッドであり、かつ前記磁気ディスクは軟磁性裏打ち層とその上に積層された磁化記録層を有するものであり、前記主磁極の厚さを T_r 、前記主磁極の先端と前記磁化記録層との距離を $d_{sw} + d_p$ としたとき、 $2(d_{sw} + d_p) < T_r$ を満足することを特徴とする請求項 1 または 2 記載の磁気ディスク装置。

【請求項 5】前記磁気ディスク上の記録トラック相互間に、実質的に有効な信号が存在しない無信号領域を形成する手段を有することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の磁気ディスク装置。

【請求項 6】前記磁気ディスク上の記録トラックの幅を T_w 、該記録トラックのトラックピッチを T_p とし、前記無信号領域の幅を G としたとき、 $G > T_p - T_w$ なる条件を満たすことを特徴とする請求項 5 に記載の磁気ディスク装置。

【請求項 7】前記磁気ヘッドは前記磁気ディスク表面に、バネ性を有する支持部材のバネ力によって接触するように接触摺動子に搭載され、この接触摺動子は磁気ヘッドの位置決め機構に含まれる適切な固定端に連結されていることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の磁気ディスク装置。

【請求項 8】前記支持部材は、前記固定端から一方向に延設された第 1 ビームと、この第 1 ビームの先端から第 1 ビームとは逆方向に延設された第 2 ビームとを含む折り返し構造を有しており、この第 2 ビームの先端に前記接触摺動子が設けられている請求項 7 記載の磁気ディスク装置。

【請求項 9】磁気ディスクと、この磁気ディスクへの情報記録および情報読出しを行う磁気ヘッドと、この磁気ヘッドを支持するとともに前記磁気ディスクの回転に伴なって上記磁気ディスクとの間に生じる空気の動圧作用による浮上力と外部から付与された押し付け荷重とが釣り合う高さを保って浮上するスライダとを備えた磁気ディスク装置において、前記磁気ヘッドはバネ性を有する摺動子を介して前記スライダに支持されており、上記スライダがディスク表面から浮上している状態においても上記摺動子のバネ力で上記磁気ヘッドがディスク表面に接触し、この状態では前記スライダに付与された前記押し付け荷重の大部分をスライダが負担し、残りの荷重を上記摺動子が負担していることを特徴とする磁気ディスク装置。

【請求項 10】磁気ディスクと、この磁気ディスクへの情報記録および情報読出しを行う磁気ヘッドと、この磁気ヘッドを支持する摺動子とを備え、上記磁気ヘッドが前記磁気ディスクの表面に接触した状態で情報の記録・再生を行う磁気ディスク装置において、前記摺動子を浮上スライダもしくはヘッド位置決め機構に連結する折り返し構造の弾性体を具備してなることを特徴とする磁気ディスク装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、磁気ディスク装置に係り、例えば垂直磁気記録方式の磁気ディスクを用いる磁気ディスク装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、コンピュータの分野においては、ランダムアクセスの可能な大容量の外部記憶装置として磁気ディスク装置が盛んに利用されている。そして、利用の拡大に伴い、磁気ディスク装置には記憶容量の大容量化および高記録密度化に対する要求がますます高まっている。

【0003】磁気ディスク装置は、通常、非磁性基板上に磁性層を設けてなる磁気ディスクを一本の回転軸に複数枚積み重ねて取り付けるとともに、これらの磁気ディスクに対して記録再生を行う磁気ヘッドをアームに取り

付け、このアームをアクチュエータで駆動して磁気ヘッドの位置決めを行うように構成されている。

【0004】このような構造の磁気ディスク装置にあって、磁気ヘッドは、情報の記録再生を行う際に高速で回転するディスク面には直接接触せず、僅かに浮上した状態でディスク面の所望の位置にアクセスするように配置される。そして、ディスク面の同心円状のトラックに対して、磁気ヘッドによって信号が記録され、あるいは再生される。

【0005】磁気ディスク装置において、記憶容量の大容量化要求に答えるために、例えばディスクの線記録密度、すなわちトラック方向の記録密度を向上させたり、あるいはトラック密度を高めることによって記録密度を向上させたりするなどの試みがなされている。さらに記録密度を高めるため、近年、磁気ヘッドを極端に低浮上させたり、あるいは磁気ディスクにほぼ接触させて記録再生する接触記録の研究も盛んに行われている。

【0006】また、線記録密度を高める方法として、1975年に垂直磁気記録方式が提案された。この垂直磁気記録方式では、従来の面内方向に異方性をもつ面内磁気記録方式に比べて、磁化転移部分での減磁界を原理上非常に小さくでき、磁化転移幅を狭くできるので高密度記録が可能となる。この垂直磁気記録方式において、短冊状の軟磁性薄膜を用いた垂直磁気記録用の磁気ヘッドを用いると、より垂直な方向の記録磁界が得られ、高密度化に有効であることも知られている。また、垂直磁気記録方式での記録および再生効率を上げ、より急峻な磁化転移を形成するために、垂直磁気異方性の磁化記録層の下に軟磁性裏打ち層を設けた垂直2層膜媒体構成の磁気ディスクも提案されている。この磁気ディスクを用いると、磁気ヘッドと軟磁性裏打ち層との磁氣的相互作用により、磁気ヘッド先端での減磁界を減らすことができ、記録時により大きな発生磁界を得ることができる。また再生にも同様に、磁気ヘッド先端での減磁界を小さくでき、実効透磁率を向上させることができるので媒体からの磁束を効率よく磁気ヘッドに集束でき、大きな信号を得ることができる。

【0007】最近では、垂直磁気記録方式を採用し、しかも信号再生の感度を高めるために、磁気抵抗効果素子(MR素子)を用いた能動型の磁気ヘッドが提案されている。能動型の磁気ヘッドは、パーマロイなどの軟磁性体からなるMR素子の電気抵抗が外部磁界によって変化する性質を使い、記録媒体からの磁束を電気信号に変換するようにしている。このMR素子を用いた磁気ヘッドの再生感度は、抵抗変化を電圧変化に変換するために軟磁性体に流すセンス電流の大きさに比例する。したがって、磁気ヘッド・媒体間の相対速度が小さい場合でも大きな出力が得られる。このため、大きな出力を生かして、トラック幅を狭くし、トラック密度を高めることが可能となる。

【0008】ところで、垂直磁気記録方式を対象にしたMR素子内蔵の磁気ヘッドとしては、特公昭62-24848公報や特公昭63-67250公報に示されているように、記録用の単磁極膜に隣接し、かつ記録媒体に対向する位置にMR素子を配置した構成のものが知られている。

【0009】しかし、これらの磁気ヘッドでは、媒体との接触によってMR素子に摩耗が起きると、MR素子の断面積が小さくなるために抵抗が増加し、再生出力が変動する問題があった。

【0010】なお、摩耗対策として、特公昭53-25488公報に示されているものでは、媒体に接する2つの軟磁性ヨークの間にヨークと並行にMR素子を橋上に配置することによって、摩耗の影響を受けないようにしている。しかし、この磁気ヘッドでは、摩耗の影響は受けないものの、記録時に発生する磁界の方向とMR素子の膜面方向とが並行であるため、記録時にMR素子の膜面方向に大きな記録磁界が印加され、MR素子の磁区構造が乱されるという問題があった。また、この磁気ヘッドでは、記録時にリング型ヘッドとして動作するため、大きな面内方向の磁界を発生し、垂直磁気記録方式への適用は困難であった。

【0011】また、記録磁界の影響を避けるために、記録ヘッドと再生用MR素子とを離し設置することが考えられるが、この場合には、特にディスク上の半径が小さいトラックで、記録ヘッドと再生ヘッドとの間の距離の影響でトラックずれが生じてしまい、信号品質を著しく劣化させる虞がある。

【0012】また、垂直磁気異方性の磁気記録層に信号を記録再生するために、記録用の単磁極膜や磁気シールド膜に近接してMR素子を配置した構成を採用した場合には、信号再生時にMR素子と記録用の単磁極膜や磁気シールド膜とが磁氣的に結合し、MR素子と隣接したこれらの軟磁性膜との間隔 g とMR素子膜厚 T_m との和($g + T_m$)によって再生分解能が制限を受ける。このため、垂直磁気異方性の磁化記録層を用いた場合、磁化記録層の優れた記録分解能にふさわしい高い再生分解能が得られないという問題もあった。

【0013】また、大きな再生信号を得るためには、 $0.1\mu m$ 以下、望ましくは $0.05\mu m$ 以下の薄いMR素子を使い、MR素子の抵抗値を大きくすることが必要である。この場合には、MR素子の膜厚が垂直磁気異方性の磁化記録層を構成している結晶の粒径とほぼ同じ大きさとなり、分解能を十分高くできないばかりか、上記結晶の粒径に起因するノイズが大きくなり、信号品質を低下させてしまうという問題があった。

【0014】また、この種の磁気ディスク装置では、図53に示すようにスライダ538の一部に磁気ヘッド539を組み込んだヘッドスライダが使用されている。このヘッドスライダでは、2本の平行な平面で形成された

エアベアリング面 540 が磁気ディスク表面に対向し、さらに磁気ヘッド 539 のギャップ部分 541 を磁気ディスクの表面側に位置させて信号の記録再生を行う。

【0015】図 54 にはヘッドスライダの動作原理を説明するための概念図が示されている。スライダ 542 は、支持点 543 において図示しないジンバルスプリング、サスペンションスプリングによってディスク面に垂直な力（矢印 544）および支持点を中心にしたモーメント（矢印 545）で支持拘束されている。磁気ヘッド 546 はスライダ後端に設けられており、ギャップ 547 はスライダのエアベアリング面 548 の後端に位置して矢印 549 で示す方向に回転する磁気ディスク 550 の表面に対向している。

【0016】ヘッドスライダ 542 は、回転する磁気ディスク 550 の表面に粘性により連れ回る空気がエアベアリング面 548 と磁気ディスク 550 の表面との間で発生する動圧と、ジンバルスプリング、サスペンションスプリングによる支持拘束力とが釣り合った状態でディスク上を一定の間隙 551 で保って浮上する。

【0017】この方式では、磁気ヘッドと磁気ディスクとの接触が回避され、磁気ヘッドおよび磁気ディスクの接触に起因する摩耗が防止されるという利点がある。しかし磁気記録の観点からみると、磁気ヘッドと磁気ディスクとの間に間隙 551 があることから、記録・再生時にロスが生じ、信号出力の低下を招くという問題がある。この問題は記録密度が高く、記録信号の波長が短い場合や、磁化容易軸がディスク面に垂直となるいわゆる垂直磁気記録方式の場合に顕著となり、記録密度を向上させる上での大きな障壁のひとつになっている。

【0018】そこで、磁気ヘッドと磁気ディスクとの間の間隙をできるだけ小さくし、実質的には両者が接触した状態で記録・再生を行う方式も提案されている。例えば特開平 3-178017 公報では、磁気ヘッドの形状を針状とし、先端の磁気ヘッドの記録再生部を極軽荷重でディスクに押し付ける方法を提案している。この方法によれば、微小な荷重を微小な面積に加えることにより、磁気ディスクとの摺動によるヘッド摩耗量を実用上問題のない範囲に抑えられるとしている。しかし、針状のヘッドに一定の荷重を安定して加えることは簡単ではない。

【0019】磁気ヘッドと磁気ディスクとの間の距離を安定して小さくする方法としては、たとえば特開昭 62-3476 公報に示されているように、大小 2 つの浮上スライダを結合し、小さい方のスライダに磁気ヘッドを搭載する方法が提案されている。しかし、この方法では、小さい方のスライダも浮上しており、磁気ヘッドと磁気ディスクとの間の間隙を小さくするのに限界があり、磁気ヘッドと磁気ディスクとを接触させることが困難である。

【0020】

【発明が解決しようとする課題】そこで本発明は、MR 素子の摩耗を防止できると同時に記録磁界によって MR 素子が影響を受けるのを防止できる磁気ヘッドを備えた垂直磁気記録方式の磁気ディスク装置を提供することを第 1 の目的としている。

【0021】また、本発明は、記録用の磁極および再生用の MR 素子と磁気ディスクとの磁気的な結合を強めることができ、記録分解能と再生分解能との両方を向上させることができる磁気ディスク装置を提供することを第 2 の目的としている。

【0022】また、本発明は、磁気ヘッドを搭載した摺動子を安定した極軽荷重で磁気ディスクに押し付けることができ、磁気ヘッドと磁気ディスクとを接触させて信号の記録再生を行うことのできる磁気ディスク装置を提供することを第 3 の目的としている。

【0023】さらに、本発明は、磁気ヘッドを搭載した摺動子の磁気ディスク表面に対する傾き角を常に所望値に保持できる磁気ディスク装置を提供することを第 4 の目的としている。

【0024】

【課題を解決するための手段】第 1 の目的を達成するために、本発明は、軟磁性裏打ち層の上に垂直磁気異方性を有する磁化記録層を設けてなる垂直磁気記録方式の磁気ディスクと、この磁気ディスクへの情報記録および情報読出しを行う磁気ヘッドとを備えてなる磁気ディスク装置において、前記磁気ヘッドが、それぞれ高透磁率材で形成され、それぞれの一端が前記磁気ディスク側に位置する関係に配置された一対の主磁極と、これら主磁極間に設けられた非磁性中間層と、発生した磁束を前記主磁極を介して前記磁気ディスクに通す記録コイルと、前記一対の主磁極の他端に絶縁層を介し、かつ上記一対の主磁極と磁気的に結合する関係に配置された MR 素子とを備えている。

【0025】また、上記第 2 の目的を達成するために、本発明は、軟磁性裏打ち層の上に垂直磁気異方性を有する磁化記録層を設けてなる垂直磁気記録方式の磁気ディスクと、この磁気ディスクへの情報記録および情報読出しを行う磁気ヘッドとを備えてなる磁気ディスク装置において、前記磁気ヘッドは記録用の軟磁性体または磁気シールド用軟磁性膜の近傍に配置された再生用の MR 素子を備え前記 MR 素子の膜厚を T_m とし、前記 MR 素子と前記記録用の軟磁性体または磁気シールド用軟磁性膜との間隔を g とし、記録最短波長を λ_{\min} としたとき、 $T_m < \lambda_{\min} < T_m + g$ の関係を満たしており、前記磁気ディスクの前記磁化記録層は平均径が前記 MR 素子の膜厚 T_m より小さい磁性結晶粒子で構成されている。

【0026】また、上記第 3 の目的を達成するために、本発明は、磁気ディスクと、この磁気ディスクへの情報記録および情報読出しを行う磁気ヘッドと、この磁気ヘッドを支持するとともに前記磁気ディスクの回転に伴な

って上記磁気ディスクとの間に生じる空気の動圧作用による浮上力と外部から付与された押し付け荷重とが釣り合う高さを保って浮上するスライダとを備えた磁気ディスク装置において、前記磁気ヘッドとこの磁気ヘッドを搭載した摺動子をバネ性を有する支持部材を介して前記スライダに支持させ、上記スライダがディスク表面から浮上している状態においても上記支持部材のバネ力で上記磁気ヘッドがディスク表面に接触するようにし、この状態では前記スライダに付与された前記押し付け荷重の大部分をスライダに負担させ、残りの荷重を上記摺動子で負担させるようにしている。さらに、前記第4の目的を達成するために、本発明は、磁気ディスクと、この磁気ディスクへの情報記録および情報読出しを行う磁気ヘッドおよびこの磁気ヘッドを搭載する摺動子と、この磁気ヘッドおよび摺動子を支持するバネ性を有する支持部材とを備え、上記磁気ヘッドおよび摺動子が前記磁気ディスクの表面に接触した状態で情報の記録・再生を行う磁気ディスク装置において、前記摺動子を浮上スライダもしくはヘッド位置決め機構に連結する折り返し構造のバネ性を持つ支持部材を備えている。

【0027】本発明においては、磁気ディスク上の記録トラック相互間に、実質的に有効な信号が存在しない無信号領域を形成する手段を有することが望ましい。この無信号領域は、例えば磁気ヘッドのサイドフリッジ磁界を利用することにより形成できる。具体的には、磁気ディスクが磁気ギャップを有するリング型記録ヘッドの場合は、磁気ギャップのギャップ長を g [μm]、記録トラック幅を T_w [μm]、トラックピッチを T_p [μm]、磁気ディスクの磁性層の保磁力を H_c [Oe] としたとき、 $g < (1500/H_c - H_c/4000\pi + 0.3) / (H_c/400\pi - 1/2)$ 、且つ $g \geq (1500/H_c - H_c/4000\pi + 0.3 - T_p + T_w) / (H_c/400\pi - 1/2)$ なる条件を満たすことにより無信号領域を形成できる。

【0028】また、磁気ディスクのうちの記録ヘッドが記録トラック幅方向の端部がトレーリング側が狭いテーパー状に構成された主磁極を有する垂直磁気記録用単磁極ヘッドの場合、上記無信号領域は記録ヘッドの該テーパー状の部分の記録トラック幅方向の寸法を p 、前記トラックピッチを T_p としたとき、 $0 < p \leq T_p - T_w$ なる条件を満たすことにより形成できる。

【0029】さらに、上記無信号領域は磁気ディスク自体に形成することも可能であり、具体的には少なくとも信号記録のための磁性層の無信号領域の飽和磁化および保磁力の少なくとも一方を記録トラックの領域のそれより小さくすることが実現することができる。

【0030】また、このように無信号領域を設ける場合、磁気ディスク上の記録トラックの幅を T_w 、該記録トラックのトラックピッチを T_p とし、前記無信号領域の幅を G としたとき、 $G > T_p - T_w$ なる条件を満たす

ことが望ましい。

【0031】

【作用】第1の目的に対応した磁気ディスク装置では、信号記録時に一对の比較的厚い主磁極により良好な感度で垂直方向の記録が行われ、再生時に非磁性中間層を挟んだ一对の主磁極が差動型のヘッドとして動作し、非磁性中間層の厚さで分解能が定まるために高い分解能が得られる。また、再生に用いられるMR素子は、主磁極の他端、つまり磁気ディスクとは反対側に位置する他端に絶縁層を介して配置されている。したがって、磁気ヘッドが磁気ディスクと接触走行した場合であってMR素子に摩擦が発生することはないし、磁気ディスクが導電性の場合であってもMR素子に流れるセンス電流が漏洩するようなこともない。さらに、主磁極の端面とMR素子の膜面とが平行しているため、記録時に大きな記録磁界が印加された場合であっても、MR素子の膜面の法線方向に磁界が加わることになり、内部の大きな減磁界が外部磁界を打ち消す方向に発生するので、その結果としてMR素子の磁区が乱れることもない。

【0032】また、第2の目的に対応した磁気ディスク装置によれば、MR素子の膜厚 T_m と、MR素子と記録ヘッド用の軟磁性体または磁気シールド用の軟磁性膜との間隔 g と、記録最短波長 λ_{\min} との関係を、 $T_m < \lambda_{\min} < T_m + g$ とし、加えて、MR素子の先端と記録媒体表面との距離 d_s 、記録媒体の保護膜厚 d_p 、磁気記録層厚 d_r 、MR素子の膜厚 T_m とが、 $d_s + d_p < T_m$ 、かつ $d_s + d_p + d_r < 2T_m$ を満足する構造を採用することにより、シールド型MRヘッドの再生分解能 $T_m + g$ よりも高い分解能で信号を再生することが可能となる。特に、MR素子と裏打ち軟磁性層とを近づけることによって静磁的に結合させることができ、MR素子厚 T_m を分解能とする高分解能再生が可能となる。したがって、シールド型MRヘッドで $\sin(k(T_m + g)) / k(T_m + g)$ によって表されるギャップによる損失が、上記条件を満足させることにより、 $\sin(kT_m) / kT_m$ に抑えることができる。

【0033】また、第3の目的に対応した磁気ディスク装置では、スライダがバネにより支持されており、空気の動圧とバルカとの釣合いにより、磁気ディスクとの間隙を自律的に一定に保って浮上する。スライダに接合された支持部材は板バネとしての機能を持ち、この板バネの反発力により、磁気ヘッドを磁気ディスク面に押し付ける。スライダが磁気ディスクから一定の間隔を保って浮上することから、支持部材の板バネ作用による磁気ヘッドのディスクへの押し付け力も一定に保つことができる。

【0034】

【実施例】以下、図面を参照しながら本発明の実施例を説明する。

【0035】実施例1

図1は本発明の一実施例になる磁気ディスク装置の要部を一部切欠して示す斜視図である。

【0036】この磁気ディスク装置は、磁気ヘッド101と、垂直磁気記録方式の磁気ディスク102とを備えている。

【0037】磁気ヘッド101は、アーム103を介して磁気ディスク102に接触するように設けられてる。この磁気ヘッド101は、図示しないアクチュエータにより、磁気ディスク102に同心円状に形成された複数のトラックの内の所望のトラック104上に位置決めされる。

【0038】磁気ディスク102は、円板状に形成された非磁性体基板105の上に軟磁性裏打ち層106、垂直磁気異方性の磁化記録層107を順次積層し、さらにその上に保護膜108を形成した構造を有している。具体的な例で説明すると、1.8インチ径で厚さ0.4mmのガラス基板105の上に、アルゴンガス雰囲気中で高周波スパッタ法によりCoZrNb微結晶からなる厚さ0.1 μ mの軟磁性裏打ち層106を形成した。この軟磁性裏打ち層106の面内方向保磁力(Hcs)は、100eであった。さらにその上に、アルゴンガス雰囲気中でDCマグネトロンスパッタ法により、CoPtからなる厚さ0.08 μ mの垂直磁気異方性磁化記録層107を形成した、この磁化記録層107の垂直方向保磁力(Hch)は、22000eであった。磁化記録層107の上には、ヘッドの接触に対する耐久性を確保するために、プラズマCVD法により、ダイヤモンドライクカーボンからなる厚さ0.008 μ mの保護膜108を形成した。磁気ディスク102は、このようにして形成されたものである。

【0039】次に、磁気ヘッド101の構成を説明する。

【0040】図2は、磁気ヘッド101と磁気ディスク102との間の相対移動方向に沿った、磁気ヘッド101の断面模式図である。図3は、同磁気ヘッド101の部分透視斜視図である。

【0041】これらの図において、103はセラミック製の針状アームを示している。針状アーム103の先端部には、高周波スパッタ法により、CoFe高透磁率材からなる主磁極109a、109bが形成されている。これら主磁極109a、109bは、磁気ディスク102の表面に対して垂直な方向に延設され、かつトラック方向で互いに対面する2層構造で形成されている。また、主磁極109a、109bは、それぞれの一端が磁気ディスク102に対向する位置するように設けられている。主磁極109a、109bのトラック方向の厚さは0.3 μ mで、両者の間には、高周波スパッタ法により形成された厚さ0.01 μ mのTi製の非磁性中間層110が介挿されている。主磁極109a、109bの周囲には、絶縁材料111によって覆われた記録コイ

ル112が配置されている。この例の場合、記録コイル112の巻き数は3ターンである。

【0042】主磁極109a、109bの他端、すなわち磁気ディスク102に対向する先端とは反対側に位置する後端部には、絶縁層113を介してパーマロイよりなるMR素子114が配置されている。MR素子114は、その膜面が磁気ディスク102の表面と平行になるように配置され、主磁極109a、109bと磁気的に結合している。MR素子114のトラック幅方向の両端部には、2本の銅リード線115a、115bが接続されており、この銅リード115a、115bを介してMR素子114にトラック幅方向のセンス電流Isを流すことができるようになっている。記録および再生は、ヘッド101と磁気ディスク102とが接触した状態で行われる。

【0043】記録時には、信号に対応した記録電流を記録コイル112に流すことにより、主磁極109a、109bを通り、かつ信号に対応した方向の強い磁束を発生させる。このとき、主磁極109a、109bと磁気ディスクの軟磁性層106との間の静磁気的な結合により、両者に挟まれた磁化記録層107の内部には大きくて鋭い分布の記録磁界が発生する。この記録磁界によって、磁化記録層107は信号には対応した方向に磁化される。

【0044】図4には、ヘッド前面から0.01 μ m離れた位置での記録磁界分布が示されている。主磁極109a、109bの先端(図では下端)と磁気ディスク102の保護膜108とを接触させても、表面粗さに起因して、両者の間には約0.002 μ mの平均間隔が存在する。また、保護膜108の膜厚は0.008 μ mである。したがって、主磁極109a、109bの先端と磁気ディスク102の磁化記録層107との間の距離、すなわち、ヘッド/記録層間のスペーシング(d)は0.01 μ mである。

【0045】信号再生時には、磁気ディスク102の磁化転移点(magnetization reversal point)が主磁極109a、109bの前面を通過する際に、一方の主磁極からMR素子114を経由して他方の主磁極へと流れる磁束が変化し、この磁束の変化はMR素子114の電気抵抗を急峻に変化させる。

【0046】上記の信号再生時に、MR素子114の内部を流れる磁束の変化を図5に示す。磁化転移点の主磁極109a、109bの前面にさしかかると、それぞれの主磁極を通る磁束量が増大し始め、一定の値にまで増大する。このとき、主磁極109a、109bの間には一定の距離があるため、それぞれを流れる磁束が増大し始める時点が異なる。その結果、主磁極109a、109bのそれぞれを流れる磁束量の差は、磁化転移点为非磁性中間層110の前面にきた時点で最大となる。MR

素子 114 を通過する磁束の量は、二つの主磁極 109a, 109b を通る磁束量の差である。したがって磁化転移点が非磁性中間層 110 の前面にきた時点で MR 素子の内部を通る磁束量は最大になる。MR 素子 114 の電気抵抗は、その内部を通る磁束量によって変化するので、MR 素子 114 に一定のセンス電流 I_s を流しておけば、磁束量が最大になった時点での再生信号電圧を得ることができる。

【0047】図 6 から図 8 には、データ検出のために微分した再生信号波形が示されている。再生波形のゼロクロス点がデータ検出点であり、その傾きが大きいほど、対雑音比 (S/N 比) に優れている。図 6 から図 8 は、主磁極 109a, 109b のトラック方向の厚みがそれぞれ $0.3\mu m$, $0.5\mu m$, $0.1\mu m$ のとき微分再生信号である。これらの図を比較すれば明らかなように、主磁極 109a, 109b の厚みを変えても、ゼロクロス近傍の傾きやその幅は変化しない。したがって、この範囲では分解能や S/N 比は主磁極の厚みに依存しないことが判る。

【0048】図 9 には、主磁極 109a, 109b のトラック方向の厚みをさらに大きい範囲で変えたときの、ゼロクロスの傾きの変化が示されている。この結果から明らかなように、主磁極の厚みが $0.05\mu m$ 以上であれば、ゼロクロスの傾きは主磁極の厚みに依存しなくなる。

【0049】図 10 には、比磁性中間層 110 の厚みを $0.1\mu m$ にしたときの微分再生信号が示されている。図から明らかなように、この場合には、ゼロクロス点の傾きが小さくなっている。

【0050】図 11 には、非磁性中間層 110 の厚みを広範囲に変化させたときの、ゼロクロス点の傾きの変化が示されている。非磁性中間層 110 の厚みを小さくするほどゼロクロス点の傾きが大きくなり、大きな S/N が得られることが判る。

【0051】以上述べたように、この実施例の磁気ディスク装置に組み込まれた磁気ヘッド 101 では、記録感度と、再生分解能および再生感度とを独立して制御することが可能である。したがって、高い記録能力と高い再生分解能とを両立させることができる。また、この磁気ヘッドは記録部および再生部が一体化されたヘッド構造であるため、記録中心と再生中心がサブミクロン程度しか離れていない。したがってヨーク角の付いた状態でもオフトラックの発生を抑えることが可能であり、磁気ディスクの狭トラック化にも充分対応することが可能である。したがって、磁気ディスク装置の記録密度と信頼性を高めることができる。

【0052】さらに、磁気ヘッド 101 と磁気ディスク 102 とを接触させて走行させることにより、スペーシング損失を小さくでき、高い記録密度での信号の記録および再生が可能となる。加えて、MR 素子 114 の摩耗

やセンス電流のリークが発生しないため、接触記録であるにもかかわらず、MR 素子内蔵ヘッドの信頼性を著しく高めることができる。

【0053】さらに、信号記録時の磁界の方向が MR 素子 114 に直交するような構造であるため、記録磁界によって MR 素子 114 の磁区変化は生じない。したがって、ノイズの少ない安定した信号再生が可能となり、装置の信頼性を向上させることができる。

【0054】実施例 2

図 12 には、本発明の別の実施例になる磁気ディスク装置の要部が、ヘッドと磁気ディスクとの相対移動方向に沿った断面図として模式的に示されている。

【0055】垂直磁気記録方式の磁気ディスク 216 は、次のようにして製造されたものである。まず、2.5 インチ径で厚さ 0.635 mm のガラス基板 217 の上に、アルゴンガス雰囲気中での DC マグネトロンスパッタ法により、厚さ $0.12\mu m$ の $FeSi$ からなる軟磁性裏打ち層 218 を形成する。その上に、厚さ $0.04\mu m$ のスパッタカーボン中間層 219 を介して、アルゴンガス雰囲気中での DC マグネトロンスパッタ法により、厚さ $0.1\mu m$ の $CoCr$ 垂直磁気異方性層 (磁化記録層) 220 を形成する。さらにその上に、ヘッドの接触に対する耐久性を確保するために、RF スパッタ法により、 SiN 膜からなる厚さ $0.005\mu m$ の保護膜 221 を形成する。軟磁性裏打ち層 218 の面内方向保磁力 (H_{cs}) は 600 Oe であり、磁化記録層 220 の垂直方向保磁力 (H_{ch}) は 1600 Oe である。

【0056】磁気ディスク 216 への信号の記録および再生を行うための磁気ヘッド 222 は、次のように構成されている。 SiC セラミックス製の針状アーム 223 の先端部に、高周波スパッタ法により形成された、 $FeSi$ 高透磁率材よりなる主磁極 224a, 224b が設けられている。これら主磁極 224a, 224b は、トラック方向に互いに対面しており、かつそれぞれ的一端部は磁気ディスク 216 と対向して配置されている。主磁極 224a, 224b のトラック方向の厚さは、 $0.1\mu m$ である。二つの主磁極 224a, 224b の間には、高周波スパッタ法により SiO_2 からなる非磁性中心間層 225 が形成されている。該非磁性中間層 225 の厚さは、磁気ディスク 216 に近接する部分で $0.02\mu m$ である。主磁極 224a と針状アーム 223s の間には、絶縁材料 235 によって覆われた記録コイル 226 が配置されている。この例の場合、記録コイル 226 の巻き数はハーフターン (0.5 ターン) である。

【0057】主磁極 224a, 224b および非磁性中間層 225 は、磁気ディスク 216 に対向する先端部とは反対側の後端部において湾曲しており、その先端の端面と後端の端面とは 90° の角度をなしている。後端部の端面には、絶縁層 227 を介してパーマロイ層 228

／Cu層229／パーマロイ層230／FeMn層231の積層膜からなるスピバルブ素子232が配置されている。

【0058】スピバルブ素子232は、主磁極224a, 224bと磁氣的に結合されている。また、スピバルブ素子232の図中上下方向の端部には、2本の銅リード線233a, 233bが接続されている。これら銅リード線233a, 233bを介して、スピバルブ素子232の上下方向にセンス電流 I_s が流される。パーマロイ層230の磁化方向は、反強磁性FeMn層231との交換結合によって一定方向に固定される。これに対して、パーマロイ層228の磁化方向は、磁気ディスク216から主磁極224a, 224bを通して磁気バルブ素子232に与えられる磁束によって変化し得る。スピバルブ素子232の電気抵抗は、パーマロイ層230の磁化の向きと、パーマロイ層228の磁化の向きとの相対的な関係によって変化する。実際は、スピンドルバルブ素子232の電気抵抗は、二つのパーマロイ層の磁化の向きが並行の場合に抵抗値が最小となり、反並行の場合に最大となる。したがって、スピバルブ素子232は、実施例1におけるMR素子と同じ作用を奏する。記録および再生は、磁気ヘッド222と磁気ディスク216とが接触した状態で行われる。

【0059】この実施例においても、スピバルブ素子232は磁気ディスク216の表面には接触しない。また、主磁極224a, 224bにより発生する磁界は、スピバルブ素子232の表面に対して直交する。従って、実施例1と同様の効果を得ることができる。

【0060】実施例3

図13には、本発明の第3の実施例になる磁気ディスク装置の要部が、図12と同様の断面図として模式的に示されている。

【0061】本実施例の磁気ディスク装置も、磁気ヘッド301と磁気ディスク302とを備えている。

【0062】磁気ヘッド301は、垂直磁気記録方式の磁気ディスク302に情報を記録し記録された情報を再生するためのヘッドであり、磁化信号を再生するためのMR素子を具備している。磁気ヘッド301は、アーム303を介して磁気ディスク302に接触するように設けられている。また、磁気ディスク302は同心円状の複数のトラックが形成されており、磁気ヘッド301は、図示しないアクチュエータによって所望のトラック上に位置決めされる。

【0063】磁気ディスク302は、円板状の非磁性体基板305の上に、軟磁性裏打ち層306、垂直磁気異方性を有する磁化記録層307を順次積層し、さらにその上に保護膜308が形成することにより製造されている。具体的には、1.8インチ径で厚さ0.4mmのガラス基板305の上に、アルゴンガス雰囲気中での高周波スパッタ法によりCoZrNb微結晶からなる厚さ

(db)が0.2 μ mの軟磁性裏打ち層306を形成される。その上に、アルゴンガス雰囲気中でのDCマグネトロンスパッタ法により、厚さ(dr)が0.07 μ mのCoPtからなる垂直磁気異方性を有する磁化記録層307が形成される。該磁化記録層7の上にさらにヘッドの接触に対する耐久性と絶縁性を確保するためにRFスパッタ法によりZrO₂、からなる厚さ(dp)が0.01 μ mの保護膜308が形成される。

【0064】上記の磁気ディスク302において、軟磁性裏打ち層306の面内方向保磁力(Hcs)は50eであり、その飽和磁束密度(Bsb)は1100Gであった。一方、透過型電子顕微鏡(TEM)により観察した結果、磁化記録層307の平均結晶粒径は0.015 μ m、すなわち膜厚の約1/5であった。また、磁化記録層307垂直方向磁気異方性定数は 2.5×10^5 J/m³以上であり、垂直方向保磁力(Hch)は25000e、飽和磁化(Isr)は10000Gであった。軟磁性裏打ち層306の膜厚(db)と飽和磁束密度(Bsb)との積(db·Bsb)は2200G μ m、磁化記録層307の膜厚(dr)と飽和磁化Isrとの積(dr·Isr)は700G μ mであった。したがって、上記磁気ディスク302は、Bsb·db>Isr·drの関係を満足している。この関係を満足する磁気ディスクでは、軟磁性裏打ち層306が飽和し難いため、磁気ヘッドとの磁氣的結合が強くなる効果が得られる。

【0065】磁気ヘッド301は次のように構成されている。

【0066】図中、303はセラミックス製の針状アームを示している。針状アーム303の端部には、DCスパッタによりCoZrNb高透磁率材よりなる厚さ0.5 μ mの磁気シールド膜309が形成されている。磁気シールド膜309外側には、厚さ0.2 μ mの非磁性絶縁層310を介して、MR素子311がイオンビームスパッタ法により形成されている。

【0067】MR素子311はNiFe合金からなり、その膜厚Tmは0.08 μ m、高さは6 μ mである。すなわち、MR素子311の膜厚Tmは、磁化記録層307の平均結晶粒径0.015 μ mよりも十分に大きい。また、磁気シールド膜309とMR素子311との間隔gは、非磁性絶縁層310の膜厚と同じ0.2 μ mである。

【0068】MR素子311の外側面(すなわち、図では左側面)には、非磁性絶縁層312、磁気シールド膜313および非磁性絶縁層314が形成されている。磁気シールド膜313とMR素子311との間隔gは、0.2 μ mである。

【0069】非磁性絶縁層314の図中左側面は平滑加工されており、この平滑加工された側面には、記録用の種磁極315が形成されている。主磁極315は、高周波マグネトロンスパッタ法で作成された厚さTr=0.

5 μm の FeSi 薄膜からなっている。主磁極 315 の中央には、突起が形成されている。この突起によって、絶縁材料 317 で覆われた記録コイル 316 により発生された記録磁束は、効率良く主磁極 315 を貫通することができる。

【0070】信号再生用の MR 素子 311 の先端（図中では下端）は、磁気ヘッドの下端に露出している。しかし、磁気ディスクの保護膜 308 と MR 素子 311 との間の距離（ d_s ）は、これらの表面粗さに起因して、両者を接触させた場合でも平均で約 0.01 μm である。また、既述したように、保護膜 308 の厚さ（ d_p ）は 0.01 μm である。したがって、MR 素子 311 の先端と磁化記録層 307 との間の距離（ $d_s + d_p$ ）は 0.02 μm である。その結果、ヘッド／媒体スペーシング（ $d_s + d_p$ ）と、MR 素子 311 の膜厚（ $T_m = 0.08 \mu\text{m}$ ）および磁化記録層 307 の膜厚（ $d_r = 0.07 \mu\text{m}$ ）とは、次式の関係を満たしている。

【0071】 $d_s + d_p < T_m$, かつ $d_s + d_p + d_r < 2T_m$

主磁極 315 の先端と保護膜 308 との距離（ d_{sw} ）も、同様に 0.01 μm であるから、記録用主磁極 315 の先端と磁化記録層 307 との距離（ $d_{sw} + d_p$ ）も、0.02 μm である。したがって、ヘッド／媒体スペーシング（ $d_{sw} + d_p$ ）と、主磁極 315 の膜厚（ $T_r = 0.5 \mu\text{m}$ ）とは次式の関係を満たしている。

【0072】 $2(d_{sw} + d_p) < T_r$

上記実施例の磁気ディスク装置において、信号記録時には、記録コイル 316 に記録電流を流すことによって主磁極 315 に強い磁束を発生させる。このとき、主磁極 315 と磁気ディスクの CoZrNb 軟磁性裏打ち層 306 との間の静磁気的な結合により、両者に挟まれた CoPt 磁化記録層 307 の内部には、大きくて鋭い分布の記録磁界が発生する。その結果、磁化記録層 307 はこの記録磁界に対応した方向に磁化される。

【0073】一方、信号再生時には、MR 素子 311 の前面を磁気ディスク 302 の磁化転移点が通過する際に、磁化記録層 307 から MR 素子 311 に流れる磁束量が変化し、その電気抵抗が急峻に変化させる。MR 素子 311 に一定のセンス電流を流すことにより、この抵抗変化を電圧変化に変換し、再生信号電圧を得ることができる。

【0074】図 14 には、ヘッド／媒体スペーシング（ $d_s + d_p$ ）をかえた場合に、パルス幅（ PW_{50} ）が変化する様子が示されている。なお、パルス幅 PW_{50} は、MR 素子 311 の出力電圧を $V(x)$ としたとき、その微分信号（ $dV(x)/dx$ ）の半値幅で定義される。

【0075】図 14 から明らかなように、ヘッド／媒体スペーシング（ $d_s + d_p$ ）が MR 素子 311 の膜厚（ T_m ）に比べて大きいとき、 PW_{50} は、分解能が T_m

+ g で規定される曲線に漸近する。既述したように、 g は、MR 素子 311 と磁気シールド 309 との間の間隔である。これに対して、スペーシング（ $d_s + d_p$ ）が T_m に比べて小さいときには、 PW_{50} は、分解能が T_m で規定される曲線に漸近する。この結果は、次のことを意味している。

【0076】すなわち、上記実施例の磁気ディスク装置では、スペーシング（ $d_s + d_p$ ）を MR 素子 311 の膜厚（ T_m ）に比べて十分小さい場合には、MR 素子 311 と磁気シールド膜 309 との間隔 g にはほぼ無関係に、MR 素子 311 の膜厚（ T_m ）のみで分解能が決まる。したがって、最短記録波長 λ_{\min} が $T_m + g$ より短い信号であっても再生することが可能となる。

【0077】なお、面内記録媒体とシールド型 MR ヘッドとの組合せでは、 $d_s + d_p$ を小さくしても、再生分解能は $T_m + g$ よりも高くはなり得ない。これに対して、軟磁性裏打ち層 306 と垂直磁気異方性の磁化記録層 307 とを有する磁気ディスク 302 と、シールド型 MR ヘッドのとを組合せた場合には、 $d_s + d_p$ を T_m に比べて十分小さくすることによって、再生分解能を最大 $T_m / (T_m + g)$ 倍にまで高めることができる。

【0078】図 15 は、記録用主磁極 315 の厚さ（ T_r ）を変えたときに、再生パルス幅（ PW_{50} ）が変化する様子を示している。図から明らかなように、主磁極 315 の厚さ（ T_r ）がスペーシング（ $d_{sw} + d_p$ ）の 2 倍よりも小さくなると、急激にパルス幅（ PW_{50} ）が増加し、分解能が低下する。これは、主磁極 315 が薄くなり過ぎると、主磁極が発生する記録磁界の傾きが小さくなり、磁化転移幅が広がってしまうためである。従って、 $2(d_{sw} + d_p) < T_r$ の条件を満足することによって、より高密度の記録が可能となる。なお、この関係は、実施例 1 および実施例 2 の磁気ディスク装置でも同様である。

【0079】実施例 4

図 16 には、本発明の第 4 の実施例に係る磁気ディスク装置の要部が、図 12 と同様の断面図として模式的に示されている。

【0080】垂直磁気記録方式の磁気ディスク 418 は、次のようにして製造されたものである。まず、2.5 インチ径の厚さ 0.635 mm のガラス基板 419 の上に、アルゴンガス雰囲気中での DC マグネトロンスパッタ法により、FeSi からなる厚さ（ d_b ）が 0.12 μm の軟磁性裏打ち層 420 を形成する。その上に、アルゴンガス雰囲気中での DC マグネトロンスパッタ法により、厚さ（ d_r ）が 0.1 μm の CoPt からなる垂直磁気異方性の磁化記録層 421 が形成する。さらにこの上に、ヘッドの接触に対する耐久性と絶縁性を確保するために、RF スパッタ法により、SiN₂ 膜からなる厚さ（ d_p ）が 0.005 μm の保護膜 422 を形成する。

【0081】上記の磁気ディスク419において、軟磁性裏打ち層420の面内方向磁力(H_{cs})は60eで、飽和磁束密度(B_{sb})は1500Gであった。また、CoPtOからなる垂直磁気異方性の磁化記録層421の特性について、その垂直方向保持力(H_{ch})は16000e、飽和磁化(I_{sr})は9000G、結晶の平均粒径は0.01、 μm であった。この実施例の磁気ディスクも $B_{sb} \cdot d_b > I_{sr} \cdot d_r$ の関係を満足している。

【0082】磁気ヘッド423は次のように構成されている。

【0083】すなわち、図中、424はSiCセラミックス製の針状アームを示している。この針状アーム424端部には、高周波スパッタ法により、FeSi高透磁率材からなる主磁極425が形成されている。主磁極425のトラック方向の厚さ(T_r)は0.1 μm で飽和磁束密度(B_{sA})は18000Gである。主磁極425の図中左側面には、絶縁材料426によって覆われた記録コイル427が配置されている。この例の場合、記録コイル427の巻き数は1ターンである。

【0084】絶縁材料426の図中左側面は機械研磨によって平坦に加工されており、この加工面には、NiFe合金よりなるMR素子428が形成されている。MR素子428の膜厚(T_m)は0.06 μm 、高さ4 μm である。また、MR素子428と主磁極425との間隔(g)は、磁気ディスク418と対向する端部付近において、0.3 μm である。MR素子428の図中左側面側には、非磁性絶縁層429が形成されている。

【0085】この場合、信号再生用のMR素子428の先端(図中下端)と磁気ディスク418の保護膜422との距離(d_s)は、両者を接触させても表面粗さのためにゼロにはならず、平均で約0.01 μm である。したがってMR素子428の先端と磁気ディスク418の磁化記録層421との間の距離、つまりヘッド/媒体間スペーシングは、 $d_s + d_p = 0.015 \mu m$ である。したがってスペーシング($d_s + d_p$)、MR素子428の膜厚(T_m)および磁化記録層421の膜厚(d_r)は、次式の関係を満足している。

【0086】

$d_s + d_p < T_m$, および $d_s + d_p + d_r < 2 T_m$

【0087】また、記録用の主磁極425の先端と(図中下端)と保護膜422との間の距離(d_{sw})も、 d_s と同じく0.01 μm である。したがって、主磁極425の先端と磁化記録層421との間の距離、すなわちヘッド・媒体間スペーシング($d_{sw} + d_p$)も、($d_s + d_p$)と同じく0.015 μm である。また、既述したように、主磁極425のトラック方向の厚さ(T_r)は0.1 μm である。その結果、スペーシング($d_{sw} + d_p$)と主磁極425の膜厚(T_r)とは次式で示す関係を満足している。

【0088】 $2(d_{sw} + d_p) < T_r$

上記構成からなる磁気ディスク装置において、実施例3と同様に、優れた記録および再生分解能を発揮させることができる。

【0089】実施例5

図17(a)~17(c)には、本発明の磁気ディスク装置に組み込まれたスライダヘッド機構の例が示されている。図17(a)は側面図、図17(b)は底面図、図17(c)は接触摺動子の部分を拡大して示す断面図である。

【0090】図中501は、バネ性のある板状の部材で構成される支持部材を示している。この支持部材501の一端には、接触摺動子502が設けられている。接触摺動子502には、たとえば薄膜技術を用いて形成された電磁変換部をもつ磁気ヘッドが搭載されている。支持部材501の他端504は、浮上スライダ505に接合されている。

【0091】図17(a)に示されるように、磁気ヘッドを搭載した接触摺動子502の摺動面507は、浮上スライダ505のエアベアリング面506よりも508で示す突出量だけ僅かに突出している。

【0092】浮上スライダ505は、図18に示されるように、ジンバルスプリング510サスペンションアーム509a、サスペンションスプリング509bを介して、磁気ヘッドを磁気ディスクのトラック上に位置決めするためのアクチュエータアーム512に固定されている。

【0093】浮上スライダ505は、サスペンションスプリング509bにより、ピボット511を介して、一定のバネ力で磁気ディスク513の表面に押し付けられる。浮上スライダ505はピボット511を中心に回転するが、この回転はジンバルスプリング510により制限される。

【0094】磁気ディスク513が矢印514で示す方向に転回すると、周囲の空気がその粘性によりディスク表面に随伴され、空気の流れが生じる。この空気流れにより、ディスク513の表面と浮上スライダ505のエアベアリング面506との間に動圧が発生し、浮上スライダ505にはディスク面から離れる方向の浮力が加わる。この浮力によって、浮上スライダ505は磁気ディスク面から浮上する。このとき、浮上スライダは、空気流による浮力と前述したサスペンションスプリング509bによる押し付け力とが釣り合った位置で、一定の浮上量を保って浮上する。接触摺動子502の摺動面507がエアベアリング面506から突出する突出量508を、浮上スライダ505の浮上量より大きく設定すれば、磁気ディスク513が回転して浮上スライダ505が浮上している場合にも、磁気ヘッド部分をディスク表面に押し付けることができる。

【0095】図19に、磁気ヘッドを搭載する接触摺動子および支持部材の構造と、その作成方法の一定を示

す。

【0096】シリコン基板515の端面に、矢印516の方向からの薄膜形成技術を用いて磁気ヘッド517を形成する。次いで、磁気ヘッド517がディスクに接する面518を研磨により平滑にして、シリコン基板と磁気ヘッド部分との間の段差を取り除く。その後、シリコン基板515をエッチングして、図中で斜線で示した部分519をエッチングで取り除くことにより、板バネとして機能する支持部材520を形成する。支持部材520のバネ定数は、エッチングの量519により決定することができる。支持部材520の非エッチング面に金属薄膜を蒸着し、これをパターンニングすることにより、磁気ヘッド517に対する電氣的接続を行うための配線パターンを形成することが可能である。このようにして作成された磁気ヘッド517および支持部材520を、図17(c)に示したように、浮上スライダ505の取付け部504に接合する。図には示されていないが、上記と同様の方法で、浮上スライダ502にも金属配線パターンが形成されている。したがって、浮上スライダ側の導体と、支持部材520に形成された配線パターンとを、両者の端子間にワイヤボンディングを施すことにより接続すれば、磁気ヘッドに対する電源配線を形成することができる。

【0097】磁気ヘッドを搭載した接触摺動子および支持部材の構造、並びにその作成方法の他の例が図20に示されている。この例では、シリコン基板521上に薄膜形成技術を用いて矢印522方向から磁気ヘッド523を形成し、その後にシリコン基板の不要部分524をエッチングにより取り除き、板バネ部分525を形成する。

【0098】上記の各例では、いずれもシリコン基板上に磁気ヘッドを設ける構成としているが、シリコン基板の代わりにアルミナ基板を用いることも可能である。

【0099】磁気ヘッドを搭載した摺動子部分および支持部材の構造、並びにその作成方法のさらに別の例が図21に示されている。この例では、たとえばポリイミドのフィルムのようなプラスチックフィルム526を支持部材に用い、その上に矢印527の方向から磁気ヘッド528を薄膜形成技術により形成する。このようなプラスチックフィルム526は、適切な厚さであればフィルム自体が十分な可撓性をもっているため、先の例のような支持部材を形成するためのエッチング工程が不要となる。またプラスチックフィルム526を支持部材に用いると、プラスチックの機械的振動に対する減衰率が大きいので、磁気ディスクとの接触部分で生じる摩擦力に起因した外乱等を抑圧できるという優れた特性が得られる。

【0100】磁気ヘッドを接触摺動子に搭載することにより、磁気ヘッドを磁気ディスクに接触させた状態で情報の記録および再生を行う方式は、磁気ディスクの磁性

体の磁化容易軸がディスク面に平行ないわゆる面内磁気記録方式にも適用できるし、磁気ディスクの磁性体の磁化容易軸がディスク面に垂直ないわゆる垂直磁気記録方式にも適用できる。また、磁気ヘッドの構成は、磁極とコイルから構成される記録・再生ヘッドからなるいわゆる従来型のヘッドの構成であってもよいし、磁極とコイルからなる記録ヘッドとMR素子を用いた再生ヘッドを組み合わせたいわゆるMRヘッド型のヘッド構成であってもよい。

【0101】図17に示される実施例において、磁気ヘッドを搭載した接触摺動子502を支持する支持部材501は、浮上スライダ505の先端側（紙面左側）に固定端を設け、スライダ505の後端側（紙面右側）に磁気ヘッド部分502が位置するように取り付けられている。しかし、図22に示すように、支持部材529の固定端530を浮上スライダ505の後端側とし、磁気ヘッド部分が浮上スライダ505の先端側に位置するように取り付けることも可能である。

【0102】接触摺動子の設置方法としては、図23(a)、(b)に示すように、浮上スライダ531のエアベアリング面532の一部分に凹部533を設け、この凹部533内に、磁気ヘッドを搭載した接触摺動子534を設けることも可能である。

【0103】接触摺動子を設置する他の態様として、図24(a)、(b)に示す例が挙げられる。この例では、浮上スライダ535の後端側に支持部材536の固定端537を設け、この固定端537に対して支持部材536の一端が接合される。この場合、支持部材536は、磁気ヘッドを搭載した接触摺動子538が浮上スライダ535の後端よりもさらに後になるように、取り付けられる。

【0104】接触摺動子の取り付け位置に関しては、ディスクとの接触点を、図18に示した浮上スライダを支持するピボット点よりも前方に位置させるのが望ましい。これにより、磁気ヘッドをディスク面に押し付けることにより発生するピボットを中心とする回転モーメントと、磁気ヘッド部分に生じる摩擦力により発生するピボットを中心とするモーメントとを、互いに相殺させることができる。このようにすることによって、浮上スライダの浮上姿勢の安定性をさらに向上させることが可能となる。

【0105】接触摺動子は前述の如く支持部材のバネ作用により、ディスク表面に押し付けられる。したがって、接触摺動子に搭載された磁気ヘッドがディスク表面に押し付けられる荷重の大きさは、支持部材の変形量に依存する。その結果、図25に示すように、接触摺動子603部分にある一定の負荷でディスク表面601に押し付けるためには、支持部材602を所定量だけ変化させる必要がある。この変形量が大きくなると、接触摺動子の摺動面604とディスク表面との間の密着度が低下

し、磁気ヘッドをディスク面に確実に接触させることが困難になるという問題が生じる。この問題を解決するためには、支持部材602をあらかじめ図26(a)に示すように変形させておくのが好ましい。これにより図26(b)に示すように、接触摺動子603に所定の荷重が加えられたときに、接触摺動子603の摺動面604とディスク面とを平行に保ち、摺動面604とディスクとの密着性を向上させることができる。支持部材602を予め図26(a)のように変形させる手段としては、支持部材602の片面に、たとえば金属を蒸着することにより支持部材602を反らせる方法や、支持部材602上にレーザ光を照射することにより永久的な熱歪みを生じさせ、支持部材を変形させる方法等が考えられる。

【0106】接触摺動子を支持部材の変形によってディスク表面に押し付けたときに、接触摺動子の摺動面とディスク面との密着性を向上させる他の方法としては、図27(a)に示すように、支持部材607の一部分に薄肉部分608を形成することが挙げられる。この場合、荷重を加えて接触摺動子605の摺動面606をディスク表面609に接触させると、図27(b)に示すように、薄肉部分608が集中的に変形する。その結果、この薄肉部分608をヒンジとするリンクに類似した機構が働き、その作用によって摺動面606とディスク表面609とを平行に保つことができる。

【0107】接触摺動子に搭載された磁気ヘッド部とディスク面とを確実に接触させるためには、上記の方法以外に、図28に示す手段を用いてもよい。この例では、接触摺動子610上の最もディスク面611に強く接触する部分に、磁気ヘッド612の感応部分613を位置させている。図30では、接触摺動子の前縁に磁気ヘッド部612を構成している。しかし、磁気ヘッド部612の位置は、接触摺動子610の前縁に限定されるものではない。

【0108】板バネ作用をもった支持部材の平面形状は、上記で述べたような帯状に限定されず、図29(a)、(b)に示すように三角形状とすることができる。図中621は三角形状の支持部材、622は磁気ヘッドが搭載された接触摺動子、623は固定部、624は浮上スライダもしくはトラック位置決め機構である。

【0109】接触摺動子622の摺動部に荷重が加わったときに、支持部材621の断面に作用する最大垂直応力の大きさは、固定部分623が最大で、先端に近づくほど小さくなる。したがって、支持部材621の形状が、先の例のように幅が均一な帯状の場合には、先端部分では曲げに対して必要以上の強度を持つことになる。これにたいし、支持部材621の平面形状を図31のような三角形状にすると、支持部材621の断面に作用する最大垂直応力を全ての位置で等しくすることができる。また、先端部分の過剰な材料を取り除くことができるから、支持部材621の軽量化を図ることができる。

支持部材621の平面形状が帯状の場合と、三角形の場合とを比較すると、両者の取り付け部分623に生じる最大応力の値が等しくなるように設計したときに、三角形の場合には、上下方向の荷重に対する支持部材621の上下方向の変形を帯状の場合の1.5倍とすることができる。これは、接触摺動子622の位置が上下方向に変化したときに、接触摺動子622に加わる荷重の変化が2/3に減少することを意味する。したがって、支持部材621の平面形状を三角形とすることにより、ヘッドの寸法や取付け位置の誤差に対する許容度を大きくできる効果が得られる。一方、支持部材621の先端の上下方向での変位量が等しくなるように設計すると、三角形状の支持部材621においては、支持部材の固定部分623の幅を、帯状の支持部材の場合に比べて1.5倍広くすることができる。その結果、支持部材621に磁気ヘッドとの間の接続配線を設ける場合に、該配線の接続端子を設けるスペースを広くできる。したがって磁気ヘッドと浮上スライダ624との間に電氣的接続を行うための、ワイヤボンディング等を容易化できる利点がある。

【0110】さらに、図30(a)、(b)に示すように、板バネ作用をもった支持部材の形状をV字状とすることもできる。図中、625はV字状の支持部材、626は磁気ヘッド搭載した接触摺動子、627は固定部分、628は浮上スライダもしくはトラック位置決め機構である。支持部材の厚さが同一であるとする、縦方向の剛性が等しくなるように設計したとき、V字形の支持部材625の場合は、1本の帯状の支持部材を用いた場合に比べて水平方向の剛性が高くなる。したがって、磁気ディスクに対するトラック方向での位置決め精度を向上できるという利点を得られる。

【0111】支持部材の形状に関する幾つかの例を説明したが、支持部材の形状はこれらの例に限定されるものではない。支持部材の曲げ剛性、ねじり剛性を最適化するために、上記例意外の形状をとることも可能である。

【0112】上記のように、本実施例では、電磁変換部分をもつ磁気ヘッドを接触摺動子に搭載し、この接触摺動子を支持部材を介して浮上スライダに接合し、支持部材のバネ力により磁気ヘッドおよび接触摺動子をディスク面に押し付けている。したがって、浮上スライダがディスク表面から浮上している状態でも、磁気ヘッドをディスク表面に接触させ、磁気ヘッドを磁気ディスクに接触させた状態で信号の記録・再生を行うことが可能となる。

【0113】以上の実施例では、磁気ヘッドを搭載した接触摺動子を、これとは別に作製された支持部材を介し浮上スライダに接合する構造とした例について説明した。しかし、例えば薄膜形成技術とエッチング技術とを組合せることにより、支持部材と接触摺動子の両者を、浮上スライダと一体に形成することも可能である。図

31 (a), (b) および図 32 には、接触摺動子および支持部材の両者を、浮上スライダと一体に形成した例が示されている。

【0114】図 31 (a) (b) の例では、同図 (a) に示されるように、例えばシリコン基板 640 上に薄膜形成技術により磁気ヘッド部分を作成した後、不要部分をエッチングすることにより、同図 (b) に示されるように、浮上スライダ部分 641、支持部材部分 642、接触摺動子部分 643 を形成している。

【0115】図 32 の例では、図 31 (a) (b) の場合よりも薄い基板を用いる。この基板上に磁気ヘッド部分を作成した後、エッチングを行うことにより、浮上スライダ部分 644、支持部材部分 645、接触摺動子部分 646 を形成する。続いて、浮上スライダ部分 644 を、別途製作したスライダブロック 647 に接合する。この例では、薄い基板が用いられるので、図 31 (a) (b) の場合に比べてエッチング量が少なくすむ利点がある。

【0116】実施例 6

実施例 5 に於いては、磁気ヘッドを搭載した接触摺動子を、弾性を有する支持部材を介して浮上スライダに取付け、磁気ヘッド部分が磁気ディスク表面に接触した状態で記録再生を行う磁気ディスク装置について説明した。

【0117】しかし、図 33 に示すように、磁気ヘッドを含む接触摺動子 701 を、弾性を有する支持部材 702 を介して、浮上スライダではなく、磁気ヘッドのトラック位置決め機構 703 に直接取付けた構造を採用することも可能である。この場合にも、磁気ヘッド部分が磁気ディスク表面 704 に接触した状態で、記録再生を行うことができる。

【0118】図 33 に示される例と、実施例 5 に示した例とに共通な点は、磁気ヘッドを含む接触摺動子が弾性をもつ支持部材に支持され、この摺動子が磁気ディスク表面に接触した状態で摺動することである。

【0119】これら構造に共通の問題点としては、図 34 (a), (b) に示されるように、支持部材の固定端 705 と磁気ディスク表面 706 との間の距離 h (図では 707 で示される) が変化した場合に、ヘッドを搭載した接触摺動子の摺動面と、磁気ディスク表面との間の角度 θ (708) が変化してしまうことが挙げられる。このように角度 θ が変化すると、良好な記録特性および再生特性を期待できないことになる。

【0120】そこで、この問題を解決するために、本実施例では、図 35 (a) (b) に示すように、2 本の親ビーム 710 と 1 本の子ビーム 711 とからなる折り返し構造を具備した支持部材 709 を用いている。なお、親ビーム 710 の基端部は、固定端 712 に固定されており、子ビーム 711 の先端には磁気ヘッドを含む接触摺動子 713 が設けられている。

【0121】図 36 (a) (b) は、この折り返しビー

ムの構造を有する支持部材 709 動作を模式的に示している。図 36 (a) は、ディスク表面 714 と支持部材 709 の固定端 712 との距離が大きい場合を示し、図 36 (b) はディスク表面 714 と支持部材 709 の固定端 712 との距離が小さい場合を示している。

【0122】図 36 (a) の場合は、親ビーム 710 および子ビーム 711 の変形がいずれも小さく、接触摺動子 717 の摺動面 719 はディスク面 714 と正常に接触している。これに対して、図 36 (b) の場合には、接触摺動子 713 がディスク表面 714 によって押し上げられ、親ビーム 710 および子ビーム 711 は図示のように変形する。しかし、親ビーム 710 および子ビーム 711 のそれぞれの長さおよび曲げ剛性を適当に選ぶことにより、親ビーム 710 の撓み角と子ビーム 711 の撓み角とを相殺することができるので、この場合にも接触摺動子 731 の摺動面 719 をディスク面 714 に正常に接触させることができる。したがってディスク表面 714 と支持部材 709 の固定端 712 との距離が変化した場合であっても、ディスク表面 714 と接触摺動子の摺動面 719 とのなす角度 θ (この場合は 0 度) を一定に保つことが可能となる。

【0123】図 37 を参照して、親ビーム 710 の撓み角と、子ビーム 711 の撓み角との関係を説明する。親ビーム 710 の一端は固定端 712 に拘束されており、他端には子ビーム 711 が連結されている。子ビーム 711 の自由端には、図では省略されているが、磁気ヘッドを含む接触摺動子が設けられており、該自由端には磁気ヘッドのディスクへの押し付け反力が加わる。

【0124】ここでは、親ビーム 710 の長さを L_1 、断面 2 次モーメント I_1 、ヤング率を E_1 とし、子ビーム 711 の長さを L_2 、断面 2 次モーメントを I_2 、ヤング率 E_2 、押し付け力の大きさを W として説明する。

【0125】親ビーム 710 の先端の傾き i_1 は、先端に加わる荷重とモーメントにより、

$$i_1 = (WL_1^2) / (2E_1 I_1) - (WL_1 L_2) / (E_1 I_1)$$

となる。親ビーム 710 と子ビーム 711 の長さの関係を $L_2 = L_1 / 4$ とすると、

$$i_1 = (WL_1^2) / (4E_1 I_1)$$

となる。

【0126】これに対して、子ビームの傾きの大きさ i_2 は、

$$i_2 = WL_2^2 / 2E_2 I_2 = WL_1^2 / 32E_2 I_2$$

となる。

【0127】親ビーム 710 の傾きの大きさ i_1 を、子ビーム 711 の傾きの大きさ i_2 で相殺するには、 $i_1 = i_2$ になることが必要である。そこで、 $i_1 = i_2$ とおくと、親ビーム 710 と子ビーム 711 の曲げ剛性の比が、

$$E_1 I_1 / E_2 I_2 = 8$$

の場合に両ビームの傾きが相殺されることが判る。親ビーム 710 と子ビーム 711 の材質が同じであるとする、上式の関係は、

$$I_1 / I_2 = 8$$

と書くことができる。

【0128】以上の結論として、親ビーム 710 の長さ (L_1) と子ビーム 711 の長さ (L_2) との関係が、 $L_1 / I_2 = 4$ の場合には、両者の断面の形状および寸法を適当に選んで、両者の断面 2 次モーメントの比を $I_1 / I_2 = 8$ にすることにより、接触摺動子 713 の摺動面 719 とディスク表面 714 とのなす角度 θ を、ビームの上下方向の変位によらず一定に保つことが可能となる。

【0129】例えば、両ビーム 710、711 の断面形状を長方形とし、また両ビームの厚さを同じとすると、親ビーム 710 の幅が子ビーム 711 の幅の 8 倍の場合に、傾きが 0 となる。なお、図 37 を用いて説明した例では、親ビーム 710 を 1 本として扱っているが、親ビーム 710 を図 35 のように 2 本に分割した場合において同様の関係が得られることは明らかである。

【0130】上記実施例では、親ビーム 710 の取付け位置とディスクの表面 714 との間の距離が変化しても、子ビーム 711 の先端の傾き角が変化しない場合について説明した。しかし、親ビーム 710 および子ビーム 711 の長さ、剛性を適当に選択することにより、親ビーム 710 の取付け位置とディスク表面 714 との距離の変化に対応して、子ビーム 711 の先端の傾き角の変化を自由に設定することもできる。

【0131】上記実施例では、支持部材 709 におけるビーム 710、711 の折り返し方向を、ディスクの接線方向に一致させることにより、接触摺動子 713 の摺動面 719 とディスク表面 714 との間の、ディスクの接線方向に沿う角度 θ の変化を制御している。しかし、ビーム 710、711 の折り返し方向をディスクの半径方向と一致させることにより、接触摺動子 713 のディスクの半径方向に沿った傾きを制御してもよい。さらにまた、図 38 に示すように、ディスクの接線方向に折り返された一対のビーム 721、723 と、ディスクの半径方向に折り返された一対のビーム 722、724 とを組合わせた支持部材 725 を用いることにより、接触摺動子 713 の両方向での傾きを制御することができる。すなわち、ビーム 721 の傾きとビーム 723 の傾きとが等しく、ビーム 722 の傾きとビーム 724 の傾きとが等しくなるように設計することによって、接触摺動子 713 二方向の傾き変化を相殺することができる。

【0132】図 39～図 43 には、磁気ヘッドに搭載された MR 素子にセンス電流 I_s を供給する経路の模式図が示されている。

【0133】図 39 において、801 は磁気ディスクを示し、802 は磁気ディスク 801 の表面に対して垂直

となるように配置された、信号再生用の MR 素子を示している。この例では、導電性軟磁性材で形成されたリターンヨーク 803～MR 素子 802～導電性非磁性体 804～導電性軟磁性材で形成されたリターンヨーク 805 の経路で、センス電流 I_s が供給される。

【0134】図 40 に示す例では、導電性軟磁性材で形成されたリターンヨーク 806～MR 素子 807～導電性非磁性体 808～記録用主磁極 809～記録側のリターンヨーク 810 の経路で、センス電流 I_s が供給される。なお、811 は記録コイルを示している。

【0135】図 41 (a)、(b) に示す例では、導電性軟磁性材で形成されたリターンヨーク 813～MR 素子 814～導電性非磁性体 815～導電性軟磁性材で形成されたリターンヨーク 816 の経路で、センス電流 I_s が供給された。なお、817 も、リターンヨークを示している。

【0136】図 42 に示す例では、導電性軟磁性材で形成された磁気シールド 818～導電性非磁性体 819～MR 素子 820～導電性非磁性体 821～導電性軟磁性材で形成された磁気シールド 822 の経路で、センス電流 I_s が供給される。

【0137】図 43 に示す例では、導電性軟磁性材で形成された磁気シールド 823～導電性非磁性体 824～MR 素子 825～導電性非磁性体 826～導電性軟磁性材で形成された磁気シールド 827 の経路で、センス電流 I_s が供給される。

【0138】上記のように、図 39～図 43 の何れの例においても、磁気シールドやリターンヨーク等のような、MR 素子に近接して配置される導電性軟磁性体を通してセンス電流 I_s が供給される。したがって、MR 素子と磁気シールド等との間の微小隙間に、センス電流供給用のリードを設ける必要がなくなるので、MR 素子と磁気シールドとの間の間隔を小さくし、この間隔で決まる分解能を向上させることが可能となる。また、MC 素子と磁気シールドとの間の間隔を小さくできる結果、再生効率を向上させることができる。また、MR 素子で発生した熱は、導電性非磁性体を経由して、磁気シールドやリターンヨークに効率よく伝えられる。したがって、良好な熱放散性を得ることができ、熱による MR 素子の特性変化や損傷を防ぐこともできる。

【0139】実施例 7

図 44 には、本発明の別の実施例になる磁気ディスク装置の要部が、磁気ヘッド 901 と磁気ディスク 902 との相対移動方向に沿った断面図として模式的に示されている。

【0140】図中、903 はセラミック製の針状アームであり、その先端部に磁気ヘッドの電磁変換部分が搭載されている。アーム 903 の先端には、CoFe 系合金からなる軟磁性の主磁極 904a、904b が形成されている。これら主磁極 904a、904b は、磁気ディ

スク 902 の表面に対して垂直な方向に延設されている。また、主磁極 904 a, 904 b はトラック方向で互いに対面し、両者の間には SiO_2 からなる非磁性中間層 905 が介在されている。主磁極 904 a, 904 b のトラック方向の厚さは、それぞれ $0.25\mu\text{m}$, $0.3\mu\text{m}$ であり、非磁性中間層 905 の厚さは $0.3\mu\text{m}$ である。また主磁極 904 a, 904 b の高さは、 $0.5\mu\text{m}$ である。

【0141】主磁極 904 a, 904 b は、それぞれの一端が磁気ディスク 102 に対向する位置するように設けられている。主磁極 904 a, 904 b の他端には、絶縁層 906 を介して、MR 素子 907 が設けられている。MR 素子 907 は、その膜面が磁気ディスク 902 の表面と平行になるように、すなわち、主磁極 904 a, 904 b の延設方向に対して直交するように配置され、主磁極 904 a, 904 b と磁氣的に結合している。MR 素子 907 のトラック幅方向の両端部には、2 本の銅リード線 908 a, 908 b が接続されており、これら銅リード線を介して、MR 素子 907 にトラック幅方向のセンス電流 I_s を流すことができるようになっている。MR 素子 907 の上には、 Al_2O_3 からなる絶縁層 909 を介して、 CoZr 系アモルファス合金からなるリターン磁極 910 が設けられており、該リターン磁極 910 は主磁極 904 a, 904 b と磁氣的に結合している。リターン磁極 910 には 3 ターンの記録コイル 911 が巻回されている。この記録コイル 911 に記録電流を流すことによって、リターン磁極 910 およびこれに磁氣的に結合した主磁極 904 a, 904 b を介して、磁気ディスク 902 の垂直記録層 912 に対して記録磁界を印加する。主磁極 904 a, 904 b は、磁気ディスク 902 の軟磁性裏打ち層 913 と磁氣的に結合している。この軟磁性裏打ち層 913 によって、記録および再生の効率が向上される。なお、磁気ヘッド 901 による記録および再生は、ヘッド 901 と磁気ディスク 902 とが接触した状態で行われる。

【0142】上記実施例は、記録コイル 911 を主磁極 904 a, 904 b ではなく、主磁極の上に設けたリターン磁極 910 に巻回している点において、実施例 1 とは異なっている。その結果、記録コイル 911 の寸法および巻線数とは無関係に、一対の主磁極 904 a, 904 b の高さを低くすることが可能となるので、再生効率を向上することができる。逆の観点からいうと、一対の主磁極 904 a, 904 b を高くすることなく、記録コイルの寸法および巻線数を増大できるので、高い再生効率を維持したまま、より強い記録磁界を印加することができる。

【0143】実施例 8

図 45 には、本発明の別の実施例になる磁気ディスク装置の要部が、磁気ヘッド 901 と磁気ディスク 902 との相対移動方向に沿った断面図として模式的に示されて

いる。なお、図では省略してあるが、磁気ヘッド 901 は、先の実施例で述べたと同じく、セラミック製の針状アームの先端に形成されている。また、図では、各部材間に介在する絶縁層が省略されている。

【0144】図中セラミック製の針状アームの先端部には、FeN 系合金からなる軟磁性の主磁極 920 a, 920 b が形成されている。これら主磁極 920 a, 920 b は、磁気ディスク 902 の表面に対して垂直な方向に延設されている。また、主磁極 920 a, 920 b はトラック方向で互いに対面し、両者の間には非磁性中間層 905 が介在されている。また、主磁極 920 a, 920 b は、それぞれの一端が磁気ディスク 902 に対向する位置するように設けられており、磁気ディスク 902 から離れるに伴って湾曲している。主磁極 920 a, 920 b の他端には、その端綿と平行に配置された MR 素子 923 が、絶縁層 922 を介して設けられている。MR 素子 923 の上端および下端には、2 本の銅リード線 924 a, 924 b が接続されており、これら銅リード線を介して、MR 素子 923 にセンス電流 I_s が流されるようになっている。非磁性中間層 921 は、MR 素子 923 に近づくに伴って厚さが増大するように形成されている。具体的には、磁気ディスク 902 に対向する一端部での厚さは $0.04\mu\text{m}$ であるが、MR 素子 923 に対向する他端での厚さは $0.2\mu\text{m}$ である。

【0145】MR 素子 923 に対して平行に隣接するように、絶縁層を介して、U 字型のリターン磁極 924 が配置されている。また、このリターン磁極 924 に囲まれるように、記録コイル 925 が設けられている。リターン磁極 924 の平行に伸びる二つのアームのうち、MR 素子 924 と対向するアームは、主磁極 920 a, 920 b と磁氣的に結合する。その結果、磁気ディスク 902 に対して効率よく記録磁界を印加することができる。一方、リターン電極 924 の他方のアームは、磁気ディスク 902 の軟磁性裏打ち層 912 と磁氣的に結合している。その結果、記録コイル 925 による磁束を効率よく導くことが可能である。

【0146】この実施例においても、実施例 7 と同様の効果を得ることができる。

【0147】実施例 9

図 46 には、本発明の別の実施例になるプレーナ型磁気ヘッド 930 が、該磁気ヘッドと磁気ディスク 902 との相対移動方向に沿った断面図として模式的に示されている。なお、図 48 においては、各部材間に介在する絶縁層が省略されている。

【0148】この実施例のプレーナ型磁気ヘッド 930 は、薄膜プロセスによって製造されている。すなわち、薄膜プロセスを用いることにより、ヘッド基板 931 の上に、まずリターン磁極 932 a, 932 b, 932 c および記録コイル 933 を順次形成する。続いて、絶縁材料を介して MR 素子 934、絶縁層 935、主磁

極 936a, 936b および非磁性中間層 937 を形成する。

【0149】上記のようなプレーナ型磁気ヘッド 903 は、薄膜プロセスを用いることによって著しく薄く製造できる利点がある。

【0150】また、この実施例においても、実施例 7 と同様の効果を得ることができる。

【0151】実施例 10

図 47 には、本発明の別の実施例になる磁気ヘッド 940 が、該磁気ヘッドと磁気ディスク 902 との相対移動方向に沿った断面図として模式的に示されている。なお、この図では、各部材間に介在する絶縁層が省略されている。

【0152】この実施例の磁気ヘッド 940 は、図示しない非磁性中間層を介して形成された、二つの主磁極 941a, 941b を有する。二つの主磁極 941a, 941b の一端部は、磁気ディスク 902 と対向するように配置され、この一端部の近傍でのみ相互に重なるように形成されている。主磁極 941a, 941b の他端部には、絶縁層 924 を介して MR 素子 943 が設けられている。さらに、主磁極 941a, 941b の上には、図示しない絶縁層を介して、J 字型のリターン磁極 944 が配置されている。このリターン磁極 944 は主磁極 941a, 941b と磁氣的に結合されており、かつ記録コイル 945 が巻回されている。記録コイルの巻き数は 1 ターンである。

【0153】この実施例においても、実施例 7 と同様の効果を得ることができる。

【0154】実施例 11

この実施例の磁気記録再生装置は、図 3 に示したのと同じ MR ヘッドを具備している。したがって、実施例 1 で説明したように、二つの主磁極 109a, 109b を通る磁束量の差を MR 素子 114 で検知することにより、信号の再生が行われる。

【0155】加えて、この実施例の磁気ディスク装置には、図 48 のブロックダイアグラムに示す再生信号処理回路が含まれている。同図において、1001 は磁気ディスク、1002 は記録/再生ヘッド、1003 は記録アンプ、1004 は再生プリアンプ、1005 は微分回路、1006 は検出回路、1007 はプリコードである。この処理回路の特徴は、微分回路 1005 およびプリコード 1007 が具備されている点にある。微分回路 1005 は、MR ヘッドの出力を時間パラメータで微分する回路である。この微分回路は、図 5 に示した MR 素子を鎖交する再生磁束密度の変化を、図 6 に示した再生電圧信号に変換する。プリコード 1007 は、再生ヘッド 1002 および微分回路 1005 を通過する際の伝達関数 G によって隣接ビット間に生じる干渉を、排除するための復元回路である。すなわち、プリコード 1007 は伝達関数 G の逆関数 G^{-1} にしたがった処理を行う。

【0156】図 49 は、入力データが記録再生チャンネルを通過する際のデータ干渉の様子と、プリコードによるデータ復元の様子を示している。この例は、ビット間隔 (B) と、一対の主磁極 109a, 109b の厚さ (Tr) とが下記の関係にある場合のデータの流れを示している。

【0157】 $B < Tr < 3B$

入力から微分回路 1005 を通過するまでの伝達関数は $1 + D + D^2 + D^3$ であり、プリコード 1007 の伝達関数は $(1 + D + D^2 + D^3)^{-1}$ である。

【0158】この例では、検出回路 1006 の後にプリコード 1007 が配置されている。しかし、エラーの伝搬を防ぐために、記録再生チャンネルの初段、すなわち、入力の最初にプリコードを配置してもよい。

【0159】実施例 12

図 50 は、図 3 と同様の差動型 MR ヘッドであり、一対の主磁極 1011a, 1011b と、その上端に配置された MR 素子 114 とを具備している。ヘッドの相対移動方向の上流側、すなわちリーディング側の主磁極 1011a, 1011b は、その一方の側端部が他の主磁極 1011b の側端を越えて、 ΔW だけ延設されている。その結果、トレーリング側の主磁極 1011b の幅を W としたとき、主磁極 1011a の幅は $W + \Delta W$ である。それ以外の構成は、図 5 に示した MR ヘッドと同じである。

【0160】図 50 の MR ヘッドは、図 51 に示したように、そのヘッドギャップ面が磁気ディスクのトラック 1012 に対して角度 θ だけ傾くように配置される。その結果、主磁極 1011a の側端部は、主磁極 1011b の側端を越えて ΔW だけ、傾き θ とは逆方向に延出する。したがって、主磁極 1011b の厚さを $Tr1$ とし、ギャップ長を g としたとき、 ΔW を好ましくは $(Tr1 + g) \tan \theta$ 以上とすることにより、一対の主磁極が再生すべき磁化転移 1013 の直上を確実に通過するようにすることができる。これにより、位相ズレおよび再生時のオフセットを生じることなく、正確な再生が可能となる。

【0161】実施例 13

この実施例では、図 16 に示したと同様に、主磁極に隣接して MR ヘッドが配置された磁気ヘッドが用いられている。この磁気ヘッドは、図 52 に示すように、MR 再生ヘッド 1014 の面が記録トラック 1016 の幅方向に対して角度 θ だけ傾くように配置される。図示のように、MR ヘッド 1014 と記録ヘッド 1015 とは、幅方向にずらして配置されている。このとき、記録ヘッドの両側端を基準とした MR ヘッド 1014 の側端のずれ量 $\Delta W1$, $\Delta W2$ は、以下のように設定される。

<ヘッドの相対移動方向が図中の矢印 A の場合>

$\Delta W1$: $(g + tr) \tan \theta$ 以上

$\Delta W2$: $g \cdot \sin \theta$ 以上、かつ $(g + tr) \sin \theta$

以下

<ヘッドの相対移動方向が図中の矢印Bの場合>

$\Delta W1: g \cdot \tan \theta$ 以上

$\Delta W2: g \cdot \sin \theta$ 以上

【0162】

【発明の効果】以上説明したように、請求項1の発明によれば、記録感度と再生分解能・再生感度を独立に制御することが可能となり、高い記録能力と再生分解能を両立させることができる。また、再生に用いられるMR素子を、磁気ディスクとは反対側に位置する主磁極の他端に絶縁層を介して配置しているので、磁気ヘッドが磁気ディスクと接触走行した場合であってMR素子に摩耗の発生することはないし、磁気ディスクが導電性の場合であってもMR素子に流れるセンス電流が漏洩するようなこともない。さらに、主磁極の端面とMR素子の膜面とが平行しているので、記録時に大きな記録磁界が印加された場合であっても、MR素子の膜面の法線方向に磁界が加わることになり、MR素子の磁区が乱されることもない。

【0163】また、請求項2の発明によれば、MR素子の膜厚 T_m と、MR素子と記録ヘッド用の軟磁性体または磁気シールド用の軟磁性膜との間隔 g と、記録最短波長 λ_{min} との関係を $T_m < \lambda_{min} < T_m + g$ としているので、高い分解能で信号を再生することが可能となる。

【0164】また、請求項9の発明によれば、磁気ヘッドを磁気ディスクに安定に接触させた状態で記録再生を行わせることができる。

【0165】また、請求項10の発明によれば、磁気ディスク表面に対する摺動子の傾き角を常に一定に保った状態で記録再生を行わせることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1の実施例に係る磁気ディスク装置の部分断面斜視図。

【図2】 同装置の要部断面模式図。

【図3】 同装置に組込まれた磁気ヘッドの概略斜視図。

【図4】 同磁気ヘッドの記録磁界分布を示す図。

【図5】 同磁気ヘッドにおけるMR素子内の磁束の変化を示す図。

【図6】 同磁気ヘッドの再生信号波形図。

【図7】 同磁気ヘッドの再生信号波形図。

【図8】 同磁気ヘッドの再生信号波形図。

【図9】 同磁気ヘッドにおけるゼロクロスの傾きと主磁極の厚みとの関係を示す図。

【図10】 同磁気ヘッドにおける主磁極を厚くしたときの再生信号波形図。

【図11】 同磁気ヘッドにおいてゼロクロスの傾きと非磁性中間層の厚みとの関係を示す図。

【図12】 本発明の第2の実施例に係る磁気ディスク装置の要部断面模式図。

【図13】 本発明の第3の実施例に係る磁気ディスク装置の要部断面模式図。

【図14】 同装置における再生信号パルス幅とヘッド・媒体間スペーシングとの関係を示す図。

【図15】 同装置における再生信号パルス幅と記録用主磁極の厚みとの関係を示す図。

【図16】 本発明の第4の実施例に係る磁気ディスク装置の要部断面模式図。

【図17】 本発明の第5の実施例に係る磁気ディスク装置に組込まれたスライダヘッドの側面図、正面図および一部拡大断面図。

【図18】 スライダの支持構成を示す側面図。

【図19】 磁気ヘッドを搭載する摺動子の製作方法の一例を説明するための図。

【図20】 磁気ヘッドを搭載する摺動子の製作方法の別の例を説明するための図。

【図21】 磁気ヘッドを搭載する摺動子の製作方法のさらに別の例を説明するための図。

【図22】 スライダと摺動子と磁気ヘッドとの組合わせの別の例を示す側面図。

【図23】 スライダと摺動子と磁気ヘッドとの組合わせのさらに別の例を示す正面図および側面図。

【図24】 スライダと摺動子と磁気ヘッドとの組合わせのさらに異なる例を示す正面図および側面図。

【図25】 摺動子先端の磁気ヘッド部とディスク表面との接触状態を示す概念図。

【図26】 摺動子先端の磁気ヘッド部とディスク表面との接触状態の改善方法と効果とを示す概念図。

【図27】 摺動子先端の磁気ヘッド部とディスク表面との接触状態の別の改善方法と効果とを示す概念図。

【図28】 摺動子先端の磁気ヘッド部とディスク表面との接触状態のさらに別の改善方法を示す概念図。

【図29】 磁気ヘッドを搭載する摺動子の別の例を示す図。

【図30】 磁気ヘッドを搭載する摺動子のさらに別の例を示す図。

【図31】 浮上スライダと弾性体と摺動子との製作方法の別の例を説明するための図。

【図32】 浮上スライダと弾性体と摺動子との製作方法のさらに別の例を説明するための図。

【図33】 摺動子に搭載された磁気ヘッドを磁気ディスク表面に接触させる方式の問題点を説明するための図。

【図34】 摺動子の搭載された磁気ヘッドを磁気ディスク表面に接触させる方式の問題点を説明するための図。

【図35】 本発明の第6の実施例に係る磁気ディスク装置に組込まれた磁気ヘッド周辺を示す図。

【図36】 同実施例の動作を説明するための図。

【図37】 同実施例の動作原理を説明するための図。

【図 38】 折り返しビームを有する支持体の他の例を示す平面図、

【図 39】 MR素子にセンス電流を供給する経路の第 1 の例を示す模式図。

【図 40】 MR素子にセンス電流を供給する経路の第 2 の例を示す模式図。

【図 41】 MR素子にセンス電流を供給する経路の第 3 の例を示す図。

【図 42】 MR素子にセンス電流を供給する経路の第 4 の例を示す模式図。

【図 43】 MR素子にセンス電流を供給する経路の第 5 の例を示す模式図。

【図 44】 本発明の別の実施例による磁気ディスク装置の要部を概略的に示した模式図。

【図 45】 本発明の実施例 8 を説明するための図。

【図 46】 本発明の実施例 9 を説明するための図。

【図 47】 本発明の実施例 10 を説明するための図。

【図 48】 本発明の実施例 11 を説明するための図。

【図 49】 本発明の実施例 11 を説明するための図。

【図 50】 本発明の実施例 12 を説明するための図。

【図 51】 本発明の実施例 12 を説明するための図。

【図 52】 本発明の実施例 13 を説明するための図。

【図 53】 従来例を説明するための図。

【図 54】 従来例を説明するための図。

【符号の説明】

101, 222, 301, 423, 502…磁気ヘッド
102, 216, 302, 418, 531, 801…磁気ディスク

103, 223, 303, 424, 512…アーム
104…トラック

105, 217, 305, 419…ガラス基板

106, 218, 306, 420…軟磁性裏打ち層

107, 220, 307, 421…垂直磁化異方性の磁化記録層

110, 225…非磁性中間層

108, 221, 308, 412…保護膜

109a, 109b, 224a, 224b, 315, 425…主磁極

112, 226, 316, 427…コイル

114, 232, 311, 428, 802, 807, 814, 820, 825…磁気抵抗効果素子 (MR素子)

115a, 115b, 233a, 233b…銅リード

309, 313…磁気シールド膜

534, 536, 605, 610, 643, 646, 701, 713…摺動子

641, 644…スライダ

501, 602, 621, 625, 642, 645, 702, 709…支持部材

710…親ビーム

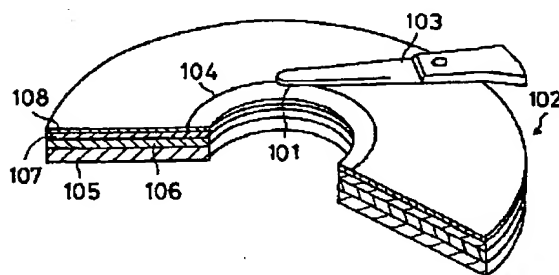
711…子ビーム

803, 805, 806, 810, 813, 816, 817, …リターンヨーク

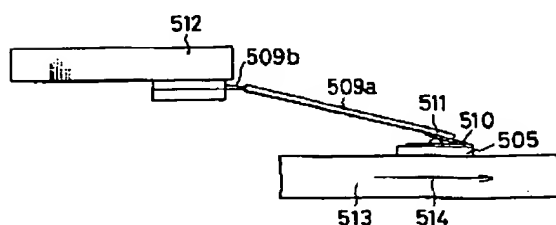
804, 808, 815, 821, 826, …導電性非磁性体

818, 822, 823, 827…磁気シールド

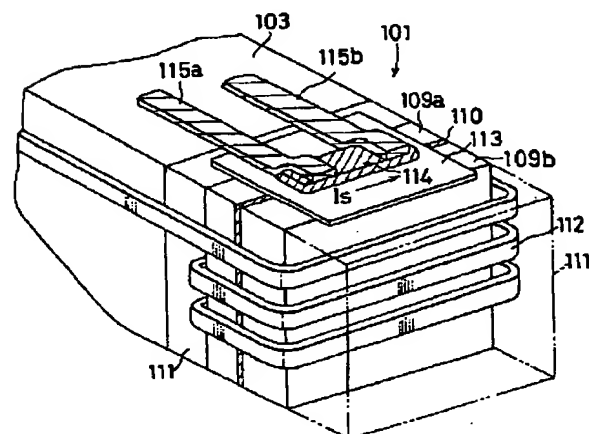
【図 1】



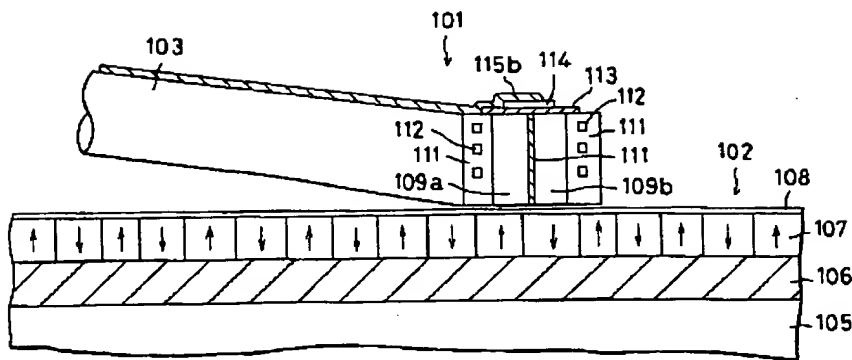
【図 18】



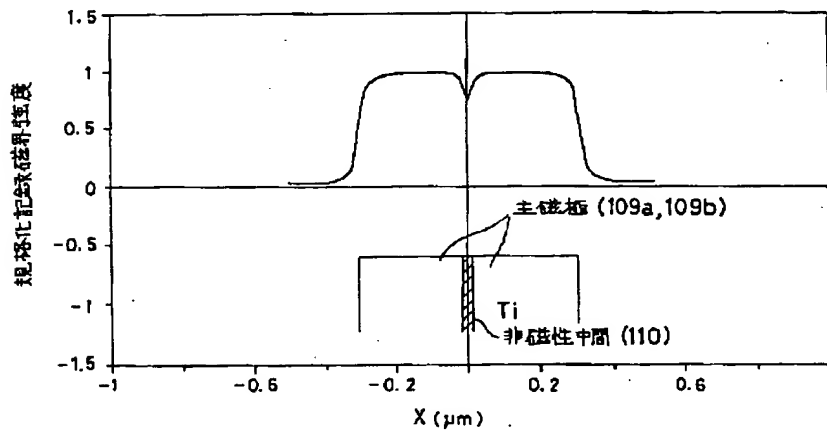
【図 3】



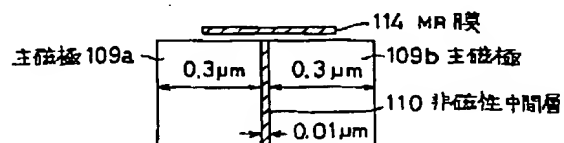
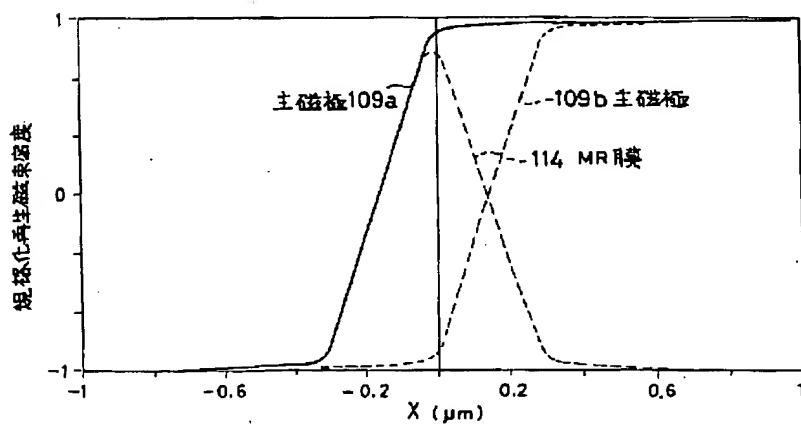
【図 2】



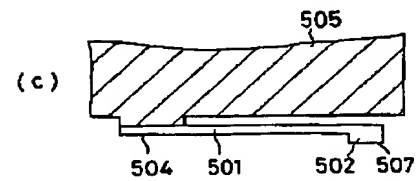
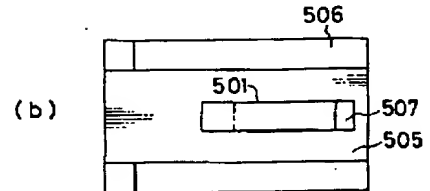
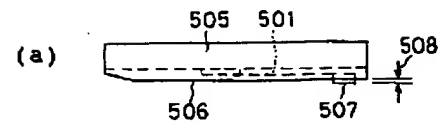
【図 4】



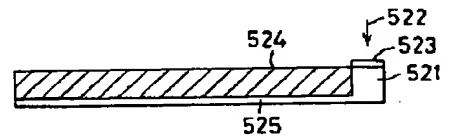
【図 5】



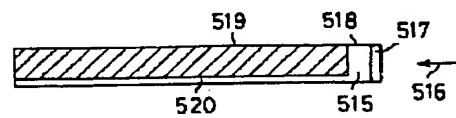
【図 17】



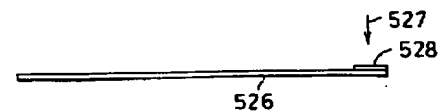
【図 20】



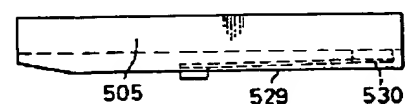
【図 19】



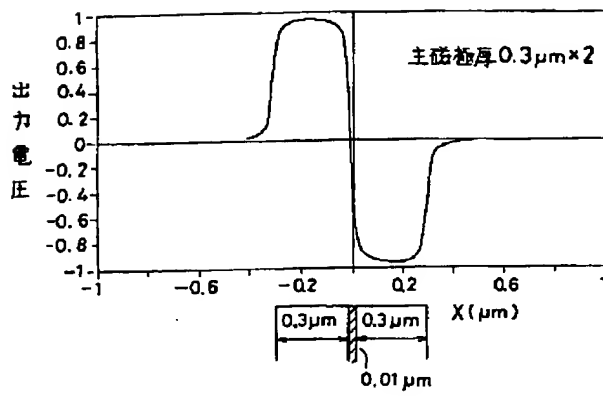
【図 21】



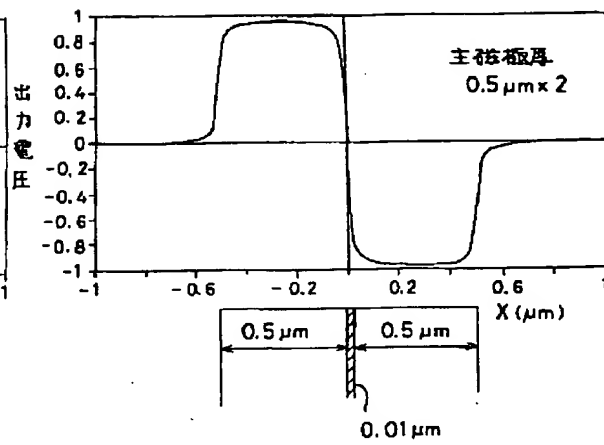
【図 22】



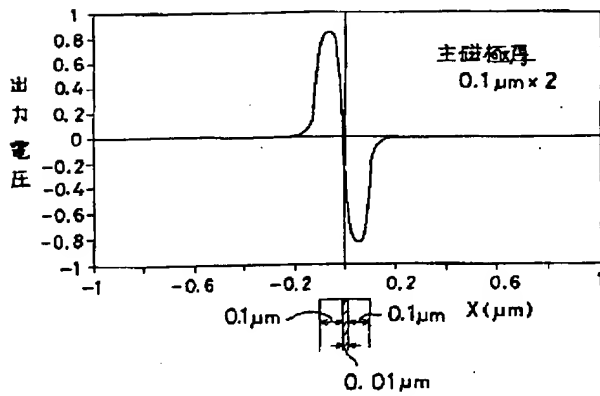
【図6】



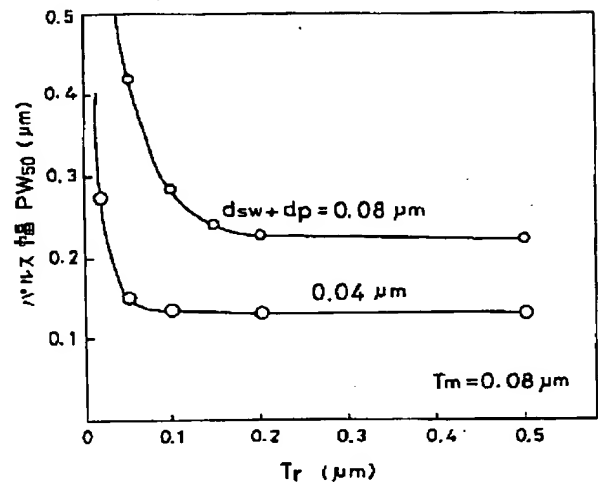
【図7】



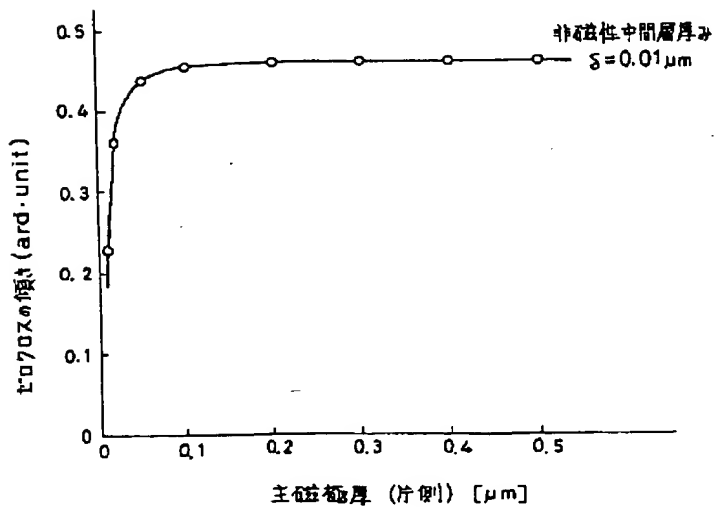
【図8】



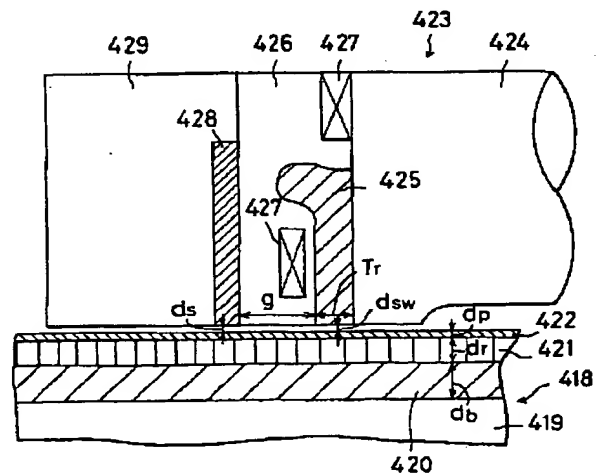
【図15】



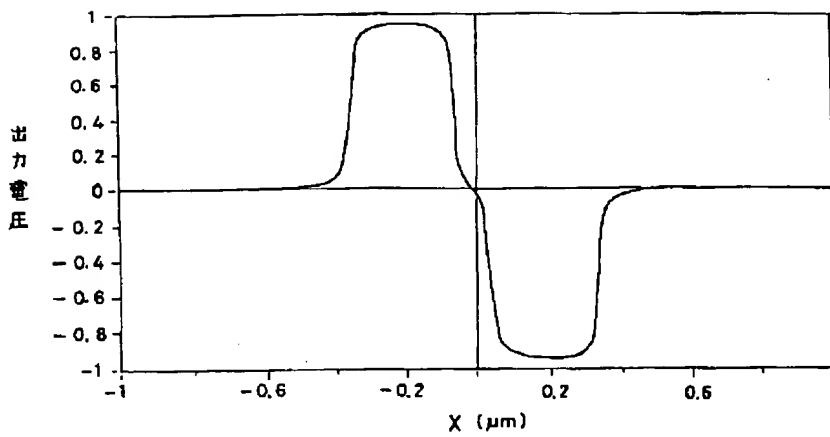
【図9】



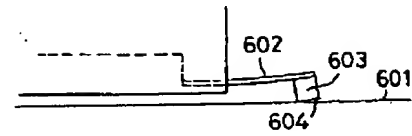
【図16】



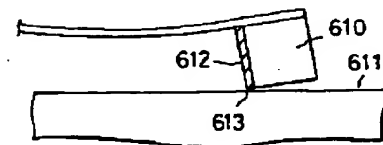
【図10】



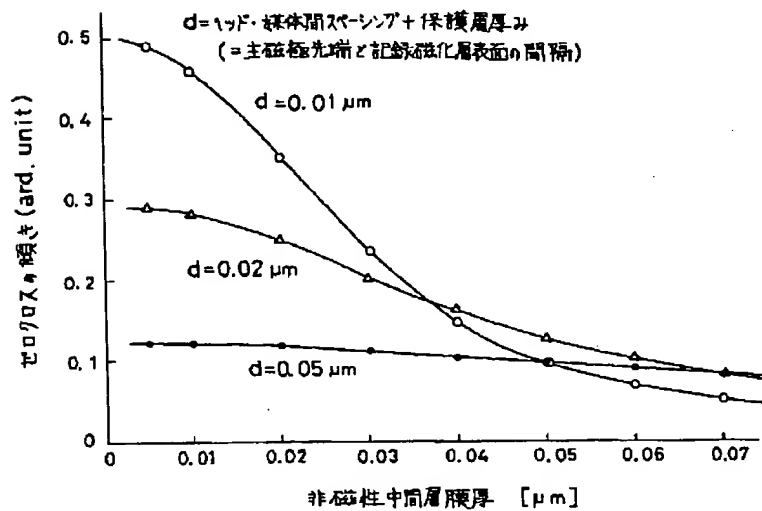
【図25】



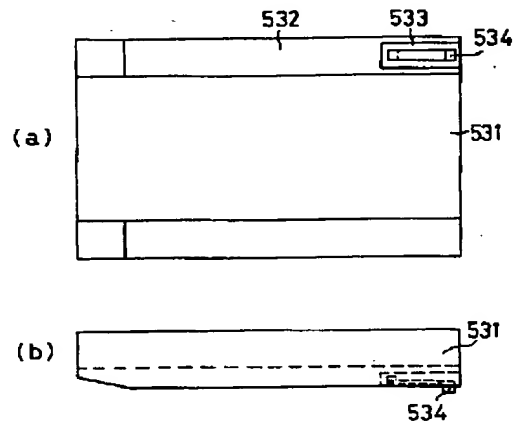
【図28】



【図11】

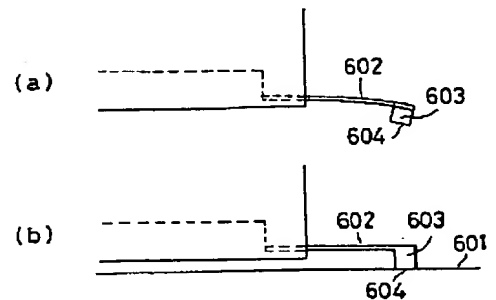
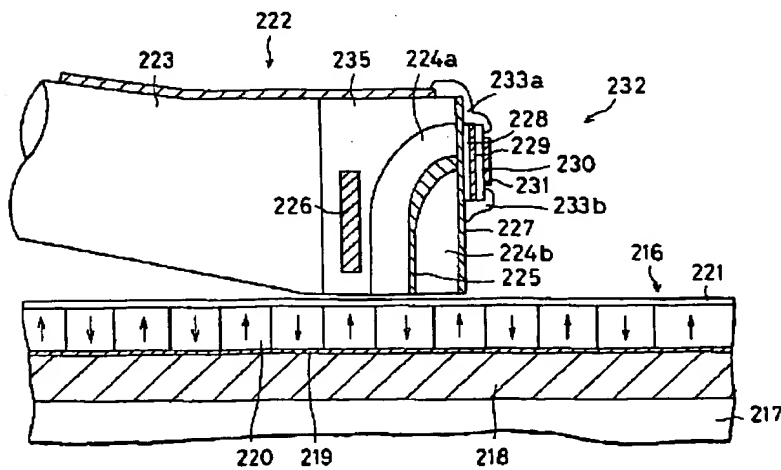


【図23】

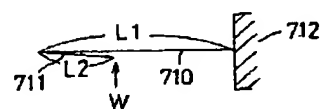


【図26】

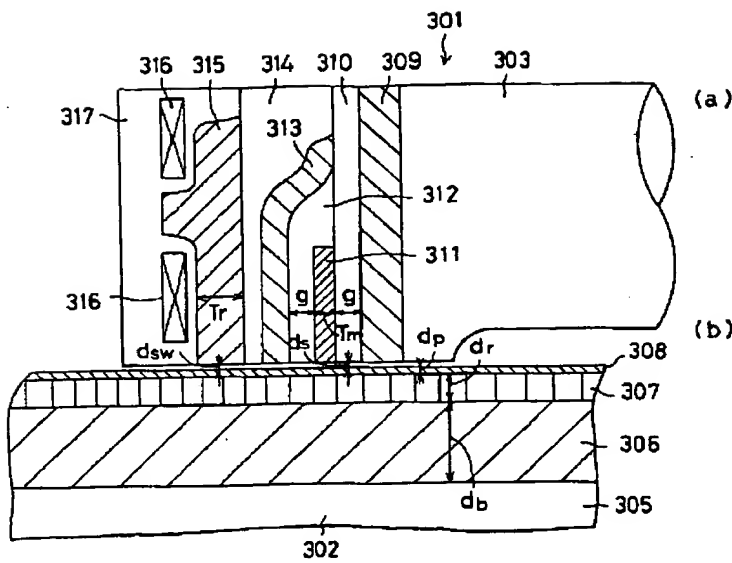
【図12】



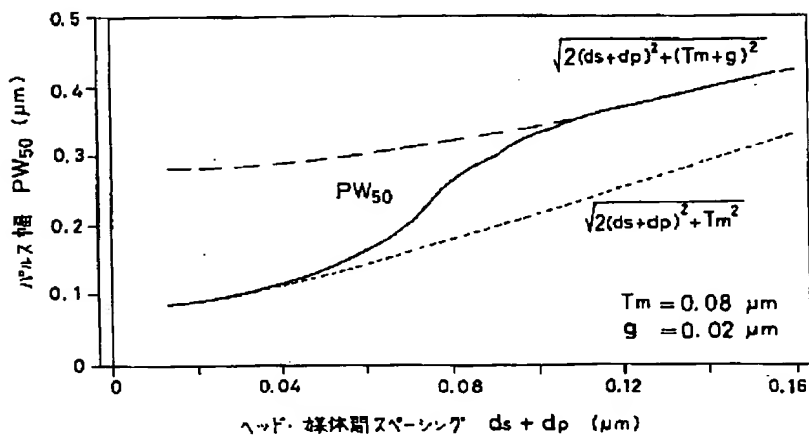
【図37】



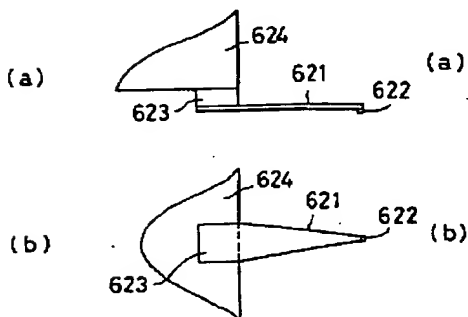
【図 13】



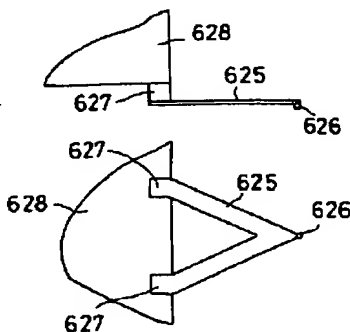
【図 14】



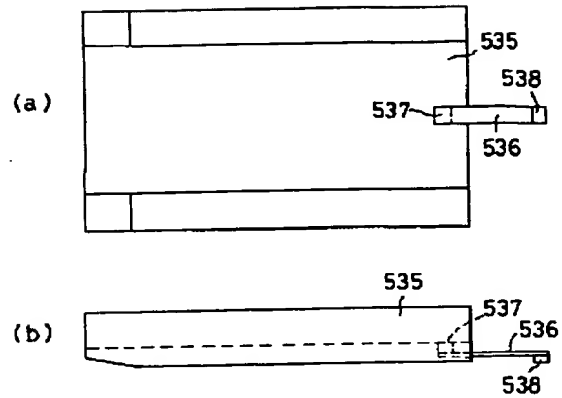
【図 29】



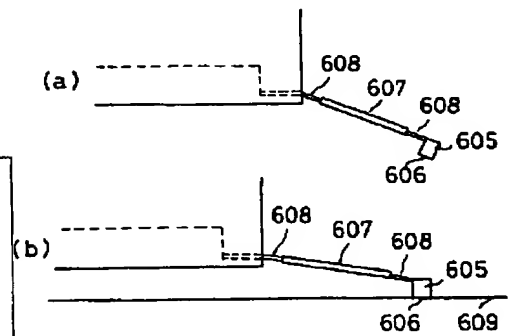
【図 30】



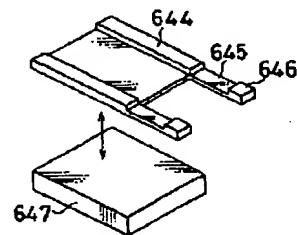
【図 24】



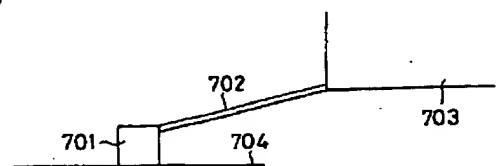
【図 27】



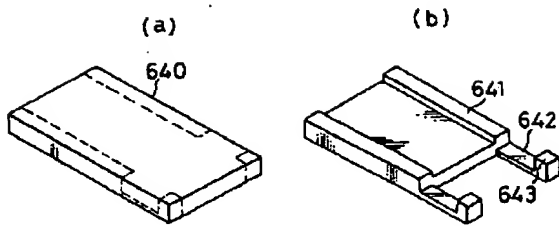
【図 32】



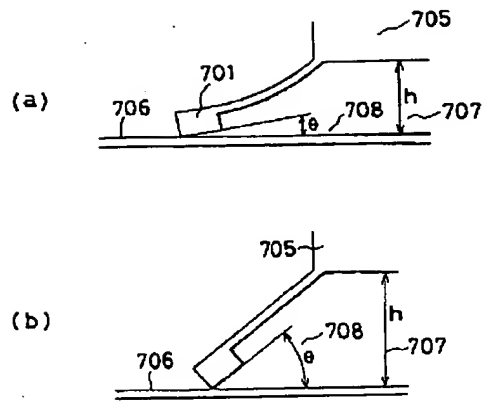
【図 33】



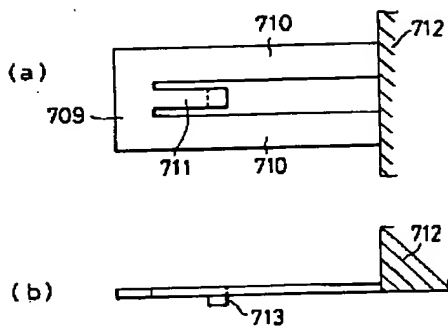
【図 3 1】



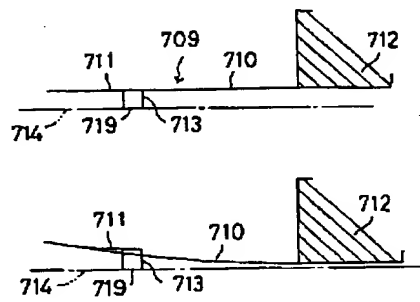
【図 3 4】



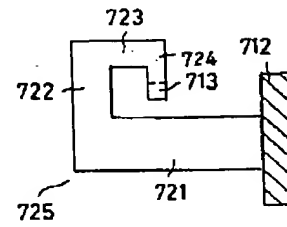
【図 3 5】



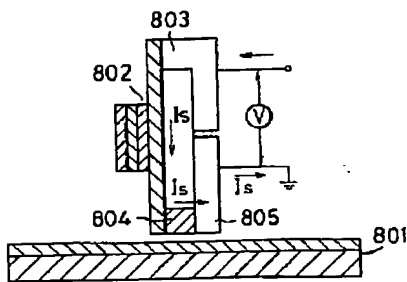
【図 3 6】



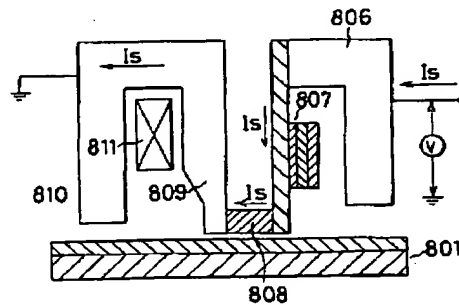
【図 3 8】



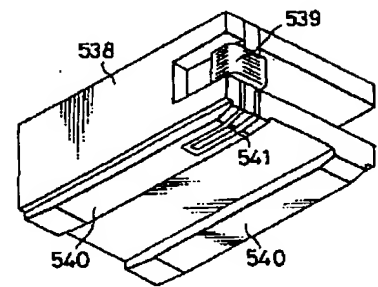
【図 3 9】



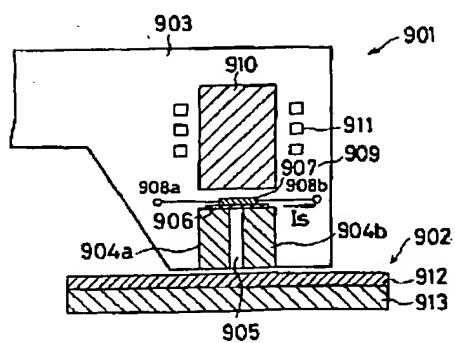
【図 4 0】



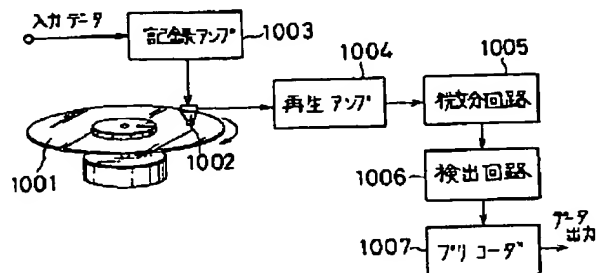
【図 5 3】



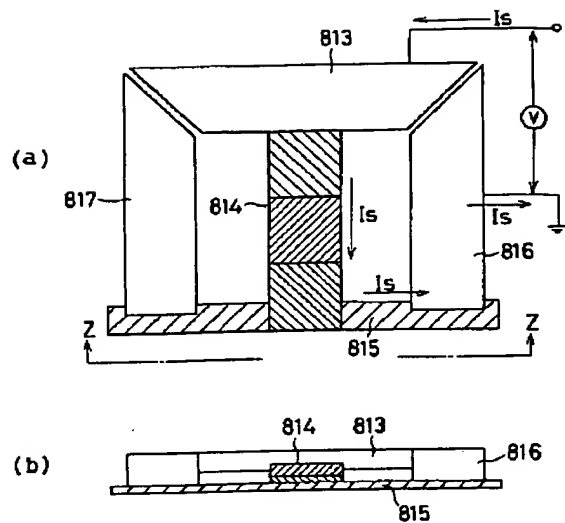
【図 4 4】



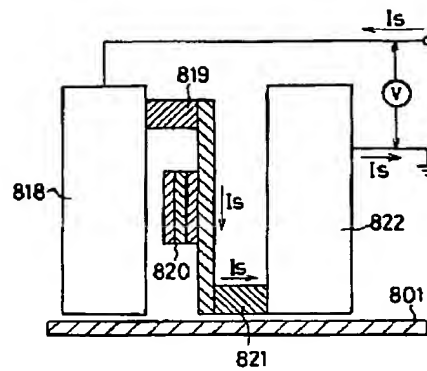
【図 4 8】



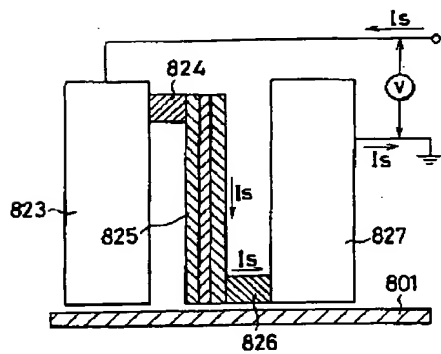
【図41】



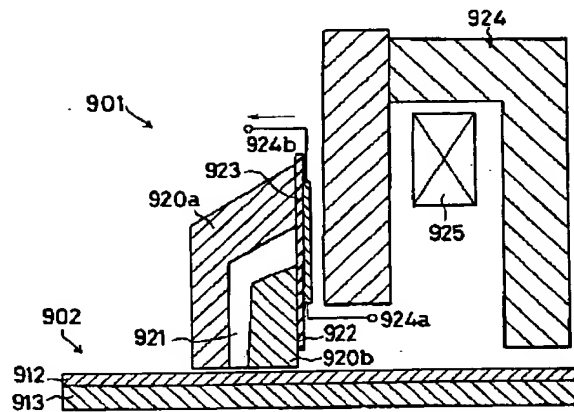
【図42】



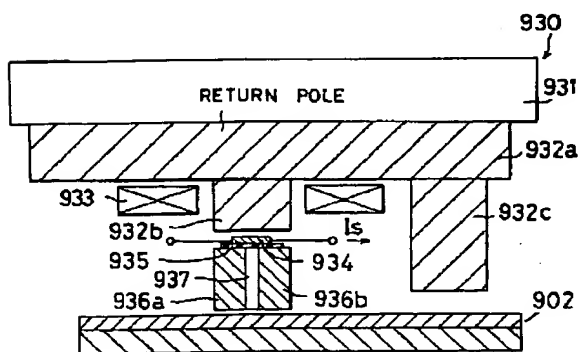
【図43】



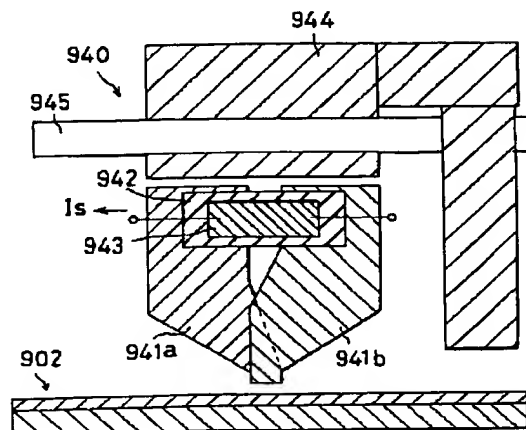
【図45】



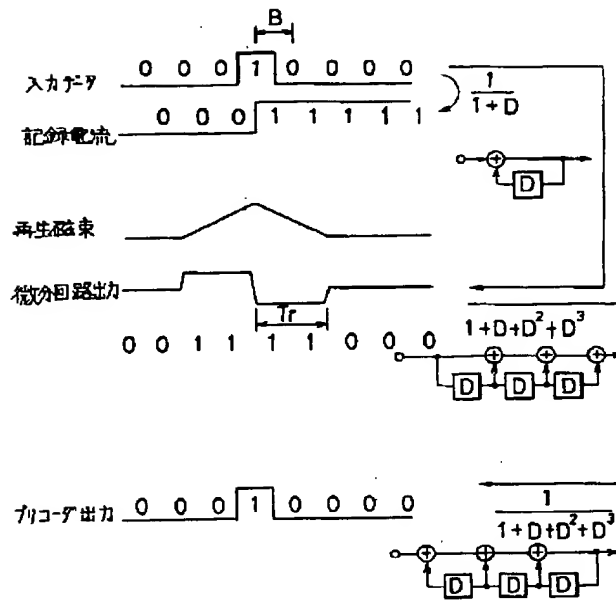
【図46】



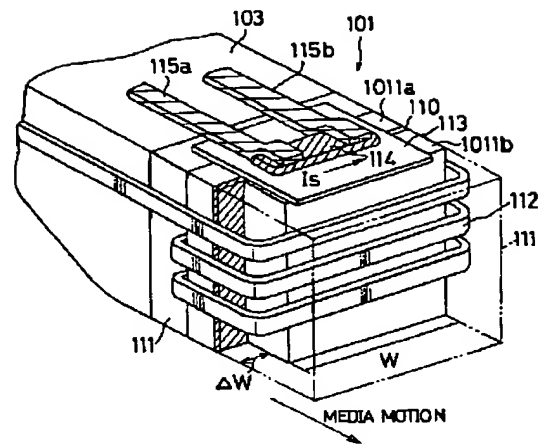
【図47】



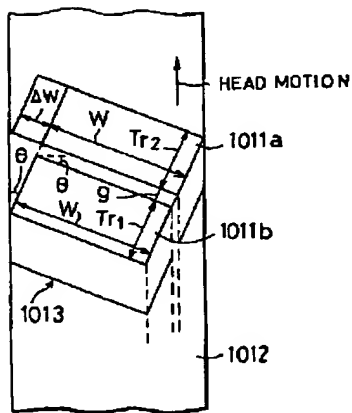
【図 49】



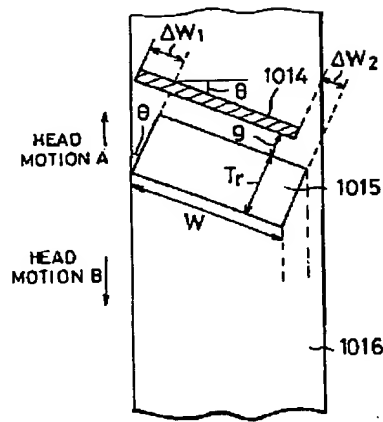
【図 50】



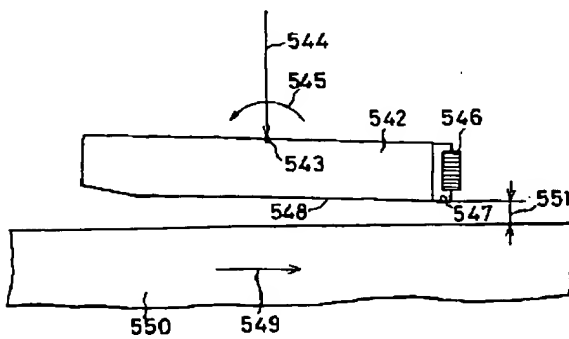
【図 51】



【図 52】



【図 54】



フロントページの続き

(72)発明者 大坪 康郎
神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 番地 株
式会社東芝研究開発センター内

(72)発明者 保科 茂
神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 番地 株
式会社東芝研究開発センター内

(72)発明者 大橋 浩
東京都青梅市末広町 2 丁目 9 番地 株式会
社東芝青梅工場内